Guide pratique



Transformation du bambou

Patrice Lamballe et Aurélie Vogel

avec la collaboration de Christian Castellanet et Martine François

Éditions du Gret

Gret, professionnels du développement solidaire

Le Gret en 2014, c'est 747 professionnels, 160 projets et expertises au bénéfice d'au moins 2,3 millions de personnes dans une trentaine de pays.

Fondé en 1976, le Gret est une ONG internationale de développement, de droit français, qui agit du terrain au politique, pour apporter des réponses durables et innovantes aux défis de la pauvreté et des inégalités.

Le Gret est une ONG professionnelle, dans sa vision du secteur du développement qu'il souhaite doter de savoirs et de solutions innovantes, dans l'implication des populations du Sud qu'il considère actrices de développement, et dans ses pratiques. Considérant qu'agir pour le développement nécessite une approche globale et pluridisciplinaire, le Gret intervient :

– sur sept thématiques : Agriculture : filières et politiques agricoles ; Citoyennetés et démocratie ; Eau potable, assainissement, déchets ; Gestion des ressources naturelles et énergie ; Microfinance et insertion professionnelle ; Santé : nutrition et protection sociale ; Villes pour tous et décentralisation ;

– avec une diversité de métiers : la majorité des actions du Gret concerne des projets de terrain. À travers la conduite d'expertises, l'animation de réseaux et la production de références issues de sa pratique, il diffuse des connaissances et influence les pratiques et politiques pour un développement plus solidaire ;

– du local au global et du terrain au politique, à l'échelle de villages jusqu'aux instances internationales.

www.gret.org

Pour toute information sur la publication :

Contenu : gret@gret.org.
Traduction, reproduction ou mise en ligne : baud@gret.org.
Services de presse, diffusion et distribution : diffusion@gret.org.
Responsable éditoriale : Danièle Ribier.
Photos de couverture : Patrice Lamballe, Aurélie Vogel.
Iconographie : Freepik, Pixabay.
Maquette et mise en page: Philippe Laura.
Édition électronique : Philippe Laura.

Imprimé par IGC Imprimerie (42000 Saint-Etienne), août 2016.

Transformation du bambou

Guide pratique

Patrice Lamballe et Aurélie Vogel
avec la collaboration de Christian Castellanet et Martine François

Éditions du Gret

Ce guide pratique traite des techniques de transformation et d'utilisation du bambou *Luông*. L'essentiel des données est issu de l'expérience du Gret au Vietnam de 2005 à 2014 dans la Province de Thanh Hoa au nord-est du pays, dans le cadre des projets LDP (Luông Development Projet) puis Green Bamboo.

Il est le fruit d'un travail collectif :

– Patrice Lamballe, agronome, responsable de projet au Vietnam de 2005 à 2014, en est le principal auteur,
– Aurélie Vogel a largement complété et révisé tout le texte,
– Christian Castellanet a contribué à la partie « agronomie du bambou »,
– Martine François a contribué à la révision de la partie sur la gestion.

Il a été élaboré avec l'appui financier de l'Agence française de développement. Son contenu relève de la seule responsabilité du Gret et ne peut aucunement être considéré comme reflétant le point de vue de l'AFD.

Remerciements

– Frédéric Castell, pour le lancement du projet ;
– Rodolphe Carlier, pour ses conseils sur la partie économique et gestion ;
– Les équipes du Gret et de la coopérative vietnamienne CRD pour leur travail de suivi et de collecte des données concernant la transformation du bambou ;
– Mae Coat, stagiaire, pour la collecte de l'information ;
– Patricia Toelen, pour son soutien au projet ;
– François Enten, Danièle Ribier et Marie Camus pour leur relecture et réécriture.

Crédits photos : Patrice Lamballe, Olivier Renard, Alphonse Vogel, Aurélie Vogel.

Schémas : page 19, May (d'après Zu), pages 27 et 32 et 152, Aurélie Vogel et Julie Vogel.

Maquette : Philippe Laura, Idéclik.



Sommaire





Introduction

Objectif du guide pratique

Ce guide pratique traite de la transformation des bambous dits « géants », mesurant plusieurs dizaines de mètres de hauteur, adaptés à la construction et aux utilisations semi-industrielles, en s'appuyant sur l'exemple de la filière de transformation du *Luông* (*Dendrocalamus barbatus*) au Nord-Vietnam. Il s'adresse aux entrepreneurs qui souhaitent développer de petites et moyennes entreprises de transformation et de valorisation du bambou géant. Il est également destiné aux responsables des projets et politiques d'appui aux filières bambou, et à tous ceux qui s'y intéressent.

Restituant la pratique d'ateliers situés à proximité des lieux de production de bambous, le guide privilégie la description des étapes de transformation des tiges pour la production d'objets simples, tels que les baguettes de table, ou de pièces utilisées ensuite par des usines de plus grande envergure et de finition. Il traite assez peu des étapes de finition et des processus exigeant des équipements sophistiqués et coûteux, comme par exemple la fabrication de parquet ou de planches en lamellé-collé.

Le bambou : emblème du développement durable

Le bambou est emblématique du développement durable : il participe au développement économique de zones marginalisées ainsi qu'à la préservation environnementale.

La majorité des plantations forestières d'essences ligneuses sont exploitées sur de grandes surfaces par des entreprises spécialisées employant des équipements lourds et coûteux et peu de main-d'œuvre. Par contre, les plantations de bambou se prêtent plus aisément à une gestion paysanne, sur des surfaces limitées, dans le cadre d'exploitations agroforestières diversifiées. Elles ne nécessitent pas de gros matériel mécanisé : la coupe est généralement manuelle et le transport peut être effectué par la main-d'œuvre. Le bambou possède ainsi un important potentiel pour la lutte contre la pauvreté, notamment dans les zones enclavées et marginalisées et à faible perspective de développement économique durable. Il y est fréquemment cultivé ou exploité par des paysans auxquels il fournit un complément de revenu

appréciable et régulier. À la base de systèmes de foresterie et d'agroforesterie paysannes dynamiques, il favorise le développement de petites industries et de services ruraux créateurs d'emplois et de revenus. L'impact sur l'économie locale est d'autant plus élevé que le taux d'utilisation des tiges de bambou augmente, générant une plus forte valeur ajoutée et entraînant une augmentation des prix payés aux producteurs.

Les modes d'exploitation sont généralement respectueux de l'environnement (sauf en cas de surexploitation), grâce à des coupes sélectives de grandes surfaces, sans coupe à blanc, qui permettent de ne récolter chaque année qu'une partie des tiges selon un calendrier très flexible. On évite ainsi de mettre le sol à nu sur de grandes surfaces et de faire passer des engins lourds de débardage qui accentuent le ravinement. Grâce à son système racinaire développé, le bambou a un effet positif sur l'environnement, en réduisant l'érosion et en autorisant la mise en valeur de zones difficiles, notamment les terres à forte pente. En outre, ses propriétés de croissance rapide et de production élevée de biomasse lui confèrent un potentiel de stockage de carbone contribuant à l'atténuation du changement climatique.

Enfin, les propriétés mécaniques et thermiques du bambou en font un bon substitut au bois. Très résistant à la traction et à la compression, il possède des qualités technologiques et des caractéristiques d'usinage qui en font une matière première facile à travailler et aux multiples usages, valorisable dans l'industrie du meuble et de la construction. Les sous-produits d'usinage peuvent remplacer le bois de chauffe et réduire la pression sur les forêts naturelles.

Les filières locales de transformation

Le potentiel de développement économique des zones enclavées par les filières du bambou dépend de leurs modalités de structuration et de leur intégration dans les marchés. Pour garantir localement la création de valeur ajoutée, les filières doivent favoriser l'implantation et le développement d'ateliers de pré-transformation ou de production de produits simples, plutôt que la concentration de grandes usines dans les bassins industriels (comme le bassin du fleuve Rouge au Vietnam). Elles doivent promouvoir un bon taux d'utilisation de la tige et une réduction des déchets non utilisés ou transformés en sous-produits peu rentables ou polluants (comme la pâte à papier).

Si les ateliers de première transformation en zone rurale connaissent un fort développement dans le Sud-Est asiatique – notamment en Chine suite à une politique volontariste du gouvernement –, leurs activités sont sans doute moins répandues dans d'autres régions du monde. Ces filières évoluent rapidement du fait de l'apparition de nouvelles technologies, de nouveaux débouchés pour ces produits et d'une grande réactivité des ateliers.



Pour toutes ces raisons, ce guide pratique se focalise avant tout sur les activités de pré-transformation et de fabrication de produits simples pouvant être développées par des entreprises de petite envergure, situées à proximité des bassins de production. Il s'inscrit dans une dynamique de développement local durable.

Plan de l'ouvrage

Ce guide débute par une partie introductive sur la situation de la production et du commerce du bambou dans le monde.

Dans une deuxième partie, il présente trois études de cas d'ateliers de transformation implantés autour de plantations et forêts de bambous au Vietnam.

La troisième partie constitue le corps principal du guide. Elle comprend des fiches décrivant les caractéristiques technico-économiques de la fabrication de treize produits de l'industrie locale du bambou et s'achève par un tableau comparatif de ces produits. Les fiches sont regroupées en trois catégories :

– les pièces de découpe (tiges non fendues) ;
– les produits lamellés-collés ou effilés (transformation totale du matériel) ;
– la valorisation des sous-produits.

La quatrième partie, enfin, traite des questions clés qu'une entreprise doit aborder lorsqu'elle envisage de se lancer dans la transformation du bambou.

En annexes sont fournis un lexique, quelques notions sur l'agronomie du bambou *Luông*, des informations techniques plus détaillées sur sa transformation, avec des données spécifiques sur la filière au nord-ouest du Vietnam. On y trouvera également des données sur les machines utilisées et une aide pour élaborer un business plan, ainsi que quelques conseils pour le transport en conteneur.

Avertissement au lecteur

Les données contenues dans ce guide doivent être prises à titre indicatif :

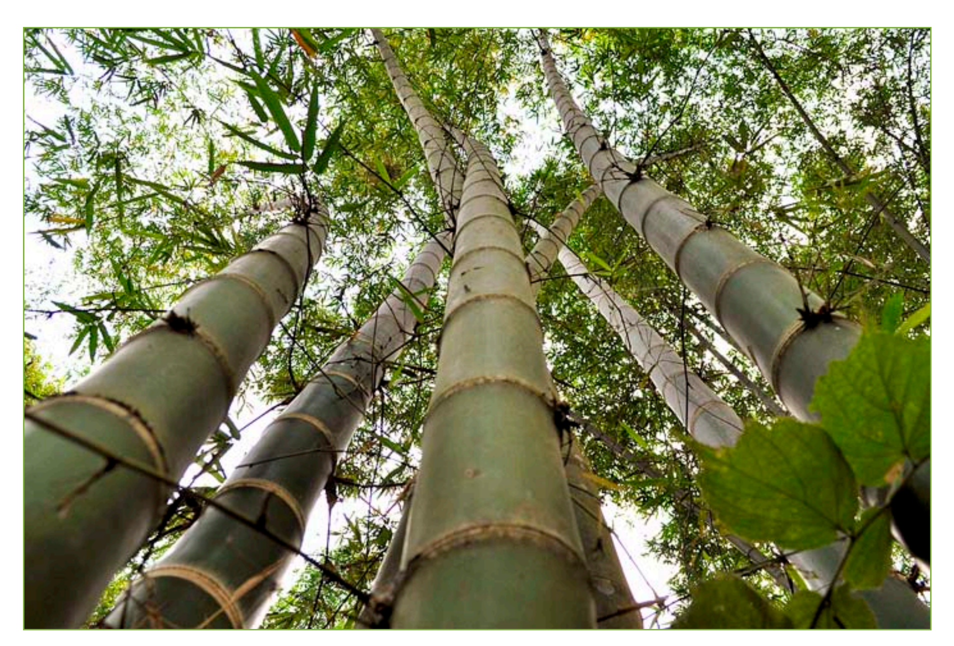
- les paramètres économiques varient d'un pays à l'autre en termes de coûts de main-d'œuvre, de transport, d'énergie, de prix du bois et du bambou. Les calculs détaillés dans ce guide pourront servir pour estimer la rentabilité d'une activité, selon l'ajustement de chacun des paramètres à chaque situation spécifique ;
- les exemples s'appuient sur la transformation du bambou *Luông*. Les paramètres d'autres bambous géants peuvent être légèrement différents : longueur et diamètre des tiges, taille des entre-nœuds, épaisseur des parois, dureté ou autres propriétés mécaniques. Toutefois, les principes d'usinage et la gamme de produits finis ne diffèrent pas : les produits et techniques de production du bambou *Moso* (*Phyllostachys pubescens*) en Chine sont sensiblement les mêmes que ceux du *Luông* au Vietnam. Plusieurs machines utilisées pour le *Luông* proviennent d'ailleurs de Chine.

Ce guide est loin d'être exhaustif. Il ne détaille pas les données agronomiques de la production, même s'il en fournit quelques éléments dont il nous semble important d'avoir connaissance pour le développement et la gestion d'une activité de transformations. Il n'aborde ni les usages alimentaires du bambou (pousses), ni l'artisanat, ni sa transformation industrielle complète (en particulier la finition des produits destinés à l'exportation, comme le parquet ou les tablettes en lamellé-collé).



Particularités du bambou et de son marché

Le bambou fait partie des plantes à fleurs et plus particulièrement des monocotylédones. Il appartient à la sous-famille des bambousoïdées (*Bambusiadeae*). C'est une graminée, au même titre que le blé, le riz, les palmiers ou le roseau, d'où son appellation d'« herbe géante ». Il est classifié parmi les produits forestiers non ligneux, bien que sur le plan technologique il possède des caractéristiques très proches de celles du bois.



Touffe de bambou géant. Aurélie Vogel, Gret.



Le bambou dans le monde et au Vietnam

Le bambou pousse principalement dans les zones chaudes et humides d'Asie, d'Amérique, d'Afrique et d'Océanie. Il peut aussi pousser dans les zones tempérées, comme en Europe où il a été importé, voire dans des zones froides et à des altitudes très élevées, comme en Équateur ou dans l'Himalaya (jusqu'à 4 000 mètres d'altitude et à une température atteignant -25 °C l'hiver). Certaines espèces supportent de fortes sécheresses, d'autres encore les inondations et quelques-unes résistent même au gel.

La plupart des bambous récoltés pour être commercialisés proviennent de forêts naturelles, même si les plantations ont beaucoup progressé durant ces dernières années. On estime qu'au niveau mondial, les forêts naturelles représentent plus de 75 % des forêts de bambou. En Asie, environ 30 % de la surface de bambou est plantée. Durant les quinze dernières années, la surface de bambou a augmenté de 10 % dans cette partie du monde, principalement du fait des plantations à grande échelle en Chine et, dans une moindre mesure, en Inde (25 % de la surface de bambou y est plantée, soit près de trois millions d'hectares).

Surfaces par continent

Les forêts de bambou s'étendent dans le monde entier sur près de 37 millions d'hectares, ce qui représente 3,2 % des surfaces mondiales en forêt, dont 65 % en Asie (principalement en Inde, avec 11,4 millions d'hectares, et en Chine avec 5,4 millions), 28 % en Amérique et 7 % en Afrique. Les surfaces de bambou sont supérieures à un million d'hectares au Brésil, en Indonésie, au Laos et au Nigéria. Elles dépassent les 800 000 ha au Myanmar, au Chili, en Éthiopie et au Vietnam.



Forêts de bambou dans la province de Thanh Hoa, Vietnam. Patrice Lamballe, Gret.



La situation au Vietnam et dans la région de Thanh Hoa

La surface de bambou au Vietnam se partage entre 850 000 ha de forêts pures et 600 000 ha de forêts mixtes. Elle totalise 1,45 millions d'hectares, soit près de 4 % de la superficie du pays et 11 % de la surface forestière. Sur ce total, les surfaces plantées représentent près de 150 000 ha, et l'espèce *Luông* est majoritaire (près de 100 000 ha). Le reste correspond aux forêts naturelles de bambou.

Dixième pays au monde pour sa superficie en bambou, le Vietnam serait le deuxième pays pour sa biodiversité en bambou, avant le Brésil et l'Inde. On y dénombre une trentaine de genres et le nombre d'espèces varie selon les sources – de 69 naturellement présentes dans le pays à 140-150 au total. Quatorze espèces sont endémiques et une quinzaine fait déjà l'objet d'un réel intérêt commercial.

La province de Thanh Hoa, située à 150 km au sud de Hanoï, concentre l'essentiel des surfaces plantées au Vietnam et dans le Sud-Est asiatique avec environ 170 000 ha de bambou. Au nord-ouest de cette province, 70 000 ha de forêt plantés en *Luông* sont exploités par environ 50 000 agriculteurs-producteurs qui possèdent des parcelles n'excédant pas 0,5 ha en moyenne. Près de la moitié de ces surfaces est mal gérée car les paysans ont tendance à récolter des tiges trop jeunes, non mâtures, ou à les surexploiter. Sur plus de 50 000 tiges récoltées par jour, une moitié est transformée sur place (pré-transformation) et l'autre est exportée vers le Delta et les autres provinces.

Les principaux types de bambou

Il existe plus de 90 genres de bambou, et entre 1 200 et 1 400 espèces différentes en termes de tailles, de formes et de couleurs, dont 40 à 50 sont communément cultivées. Contrairement aux autres plantes, l'identification de l'espèce ne se fait pas en observant les fleurs, car la floraison est un phénomène irrégulier dont la dynamique reste encore mal comprise. On identifie les bambous à partir de la forme de leurs tiges, de leurs feuilles et des gaines qui protègent les jeunes pousses.

Genres les plus répandus

– *Bambusa* : une centaine d'espèces, poussant sous des températures supérieures à 10 °C ;
– *Sasa* : originaires du Japon, de petite taille et rustiques (bonne résistance au froid) ;
– *Chusquea* : 180 espèces, originaires d'Amérique latine ;
– *Fargesia* : 100 espèces, majoritairement originaires de Chine, souvent trouvées en altitude ;
– *Phyllostachys* : 80 espèces, les plus répandues en Europe car adaptées au climat assez froid ; comme l'espèce *Phyllostachys pubescens* ou *Moso*, cultivée en Chine du centre-est ;
– *Dendrocalamus* : bambous géants tropicaux, appréciés pour leur utilisation industrielle.



Touffe de *Dendracolamus barbatus*, province de Thanh Hoa, Vietnam. Aurélie Vogel, Gret.



Principales espèces de bambous géants cultivées dans le monde

- *Phyllostachys pubescens* (plus connu sous le nom de *Moso* en Chine) ;
- *Dendrocalamus hamiltonii*, ou le *Dendrocalamus barbatus* (*Luông* en vietnamien) ;
- *Bambusa arundinacea*, *Bambusa sp* ou bambou commun.

Les pays comportant le plus grand nombre d'espèces sont la Chine (625), le Vietnam (140-150), le Brésil (134), l'Inde (100), le Japon (84) et le Myanmar. Le Yunnan, province du centre-sud de la Chine, présente la plus grande biodiversité, avec 250 espèces appartenant à 28 genres. On y recense une zone de 900 km^2 où se trouvent en moyenne 142 espèces de bambou par km^2.

Classification en fonction de la taille et du calibre

La longueur et le calibre des tiges varient fortement d'une espèce à l'autre. On distingue quatre catégories de bambou :

- géants (9 à 40 m de haut), genres *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Guadua*, etc. ;
- moyens (3 à 9 m) ;
- petits (1,5 à 3 m) ;
- nains (< 1,5 m).

Le bambou *Luông*

Le *Luông*, principal exemple mentionné dans ce guide, appartient au genre *Dendrocalamus* (espèce *Dendrocalamus barbatus*). Il pousse dans des régions au climat chaud et humide, avec une température moyenne annuelle comprise entre 23 et 24 °C (42 °C maximum), un taux d'humidité de 85 à 90 % et des précipitations annuelles de 1 600 à 2 000 mm. L'hiver, il peut supporter des froids relatifs allant de 5 à 10 °C.



Caractéristiques agronomiques

Nous renvoyons le lecteur souhaitant des informations plus détaillées à l'annexe 2 : Quelques notions sur l'agronomie du bambou, page 195.

Le bambou se compose de trois parties : les tiges (partie aérienne), le collet des tiges (partie proximale, au niveau du sol) et le rhizome (partie souterraine d'où partent les racines).

La tige, appelée chaume ou canne, est toujours cylindrique et creuse (sauf pour quelques espèces dont le chaume est plein). Elle est composée de nœuds (correspondant à une cloison rigide) et d'entre-nœuds (les parties creuses), dont la longueur diffère selon les espèces. À la base de la tige, le diamètre est plus élevé qu'au sommet, la paroi est plus épaisse et les entre-nœuds sont plus courts. Plus on se rapproche du sommet de la tige, plus son diamètre est réduit, sa paroi fine et ses entre-nœuds longs.

On distingue deux grands types de bambous, selon leur système souterrain (rhizomes) et leur occupation de l'espace :

– les bambous à rhizomes sympodiaux (ou pachymorphes), qui poussent surtout dans les régions tropicales et subtropicales (genres *Bambusa*, *Guadua*, *Dendrocalamus*). Les rhizomes sont courts et épais, avec une sortie prévisible près du pied-mère. Ces bambous sont plus facilement contrôlables car ils poussent en touffes compactes et ne sont pas invasifs ;
– les bambous à rhizomes monopodiaux (ou leptomorphes) poussent habituellement dans les régions tempérées (genres *Phyllostachys* et *Pleioblastus*). Leurs rhizomes courent horizontalement (d'où le nom de bambous traçants ou invasifs), avec des tiges isolées assez éloignées du pied-mère.

Les bambous sympodiaux sont dominants au niveau mondial, mais la part des espèces monopodiales serait passée à 30 % durant les quinze dernières années, du fait du développement des plantations de Moso en Chine.



Plantation de Moso. Olivier Renard, Iram.



Croissance

Une caractéristique majeure du bambou est la vitesse de croissance de ses tiges : selon les espèces, celles-ci gagnent en moyenne entre 10 et 50 cm de hauteur par jour pendant la période de forte croissance, qui dure environ deux mois sur la totalité du cycle, et atteignent leur taille définitive au bout de deux à quatre mois. Au plus fort de leur croissance, certains bambous s'allongent de près d'un mètre en une journée. Cette croissance se fait par élongation successive des entre-nœuds, dont la longueur varie selon les espèces. En revanche, le bambou ne se développe pas en largeur : les jeunes pousses émergent du sol avec un diamètre qui sera définitif car le bambou, comme les autres monocotylédones, ne possède pas de réserve pour croître en épaisseur.



Jeune pousse de bambou à peine sortie du sol. Aurélie Vogel, Gret.

Une fois qu'il a atteint sa hauteur maximale, le bambou cesse de pousser, bien qu'il ne soit pas encore pleinement mature, et reste en constante évolution : les cellules de la paroi se modifient, ses fibres s'épaississent. Au bout de trois à cinq ans, il atteint ses propriétés mécaniques optimales.



Tiges de *Dendrocalamus barbatus* de 1 an (à droite, vert foncé), 2, 3 et 4 ans (à gauche). Aurélie Vogel, Gret.

Croissance du *Luông*

Le *Luông* devient mature au bout d'environ deux ans et demi/trois ans. Il développe des tiges très droites de 15 à 20 m de hauteur, avec de longs entre-nœuds (27 à 35 cm) et un diamètre variant entre 6 et 12 cm. La paroi des tiges peut atteindre une épaisseur de 2 cm à la base et leur poids frais varie entre 15 et 40 kg selon le calibre (diamètre mesuré à un mètre de hauteur). Avec l'âge, la couleur de la tige, initialement vert foncé, s'éclaircit progressivement.

Voir l'annexe 2 pour un complément d'information.



Rendement

Le rendement se calcule en déterminant le nombre de touffes à l'hectare, puis le nombre de tiges matures par touffes et enfin le poids des tiges. Il est difficile à mesurer en milieu paysan car, contrairement à une plante annuelle ou à une espèce fruitière dont le rendement est mesurable et connu pour un cycle donné, il n'y a pas de période « finie » pour le bambou. Il peut être récolté chaque année, ou une année sur deux, voire plusieurs fois par an dans la même parcelle. Si la récolte des tiges avant maturité n'a pas d'incidence sur la plupart de leurs usages, elle en a sur la capacité de renouvellement de la touffe les années suivantes.

En effet, la génération annuelle de pousses est un processus dynamique : le nombre et l'âge des tiges maintenues au cours de l'année « n » conditionnent le nombre et la taille des pousses générées l'année « n+1 ». Pour une touffe donnée, on peut par exemple récolter une année les deux ou trois tiges d'au moins trois ans d'âge, mais également les tiges plus jeunes même si cela n'est pas recommandé. Si, pour des raisons économiques, des producteurs peuvent être amenés à récolter des tiges de moins de trois ans, cela ne favorise pas la durabilité du peuplement.

La récolte d'une année n'est pas forcément représentative de la biomasse générée au cours de celle-ci. Pour une touffe qui produirait en moyenne cinq pousses par an, l'exploitant peut décider de couper dix tiges. Cette apparente « bonne » récolte peut diminuer la dynamique de croissance de la touffe et générer un nombre inférieur de pousses l'année suivante. Une « bonne récolte » peut ainsi être le résultat d'une gestion peu durable alors qu'une « faible » récolte résulte du souci de ménager le peuplement pour les années à venir. Certains n'exploitent une même plantation qu'une année sur deux, et une forte récolte l'année n peut succéder à une absence de récolte l'année précédente (n-1). Par conséquent, le rendement précis du bambou ne se mesure qu'avec un suivi pluri-annuel, très lourd à mettre en place.

Cette dynamique de croissance complexifie la mesure de rendement, mais elle constitue également l'un des avantages majeurs du bambou. À l'issue d'une période d'installation de quatre ou cinq ans après la plantation, des touffes bien gérées génèrent chaque année un nombre de pousses permettant de renouveler les tiges récoltées l'année précédente.

Ce guide s'appuie sur des moyennes observées chez un grand nombre de producteurs au Nord-Vietnam. Les rendements moyens, sans fertilisation, sont de l'ordre de sept à dix tonnes de tiges par hectare et par an dans les bambouseraies en production (3,5 à 5 tonnes de matière sèche utilisable/ha/an).

Ces chiffres sont du même ordre que ceux issus des plantations industrielles d'arbres à croissance rapide tels que l'eucalyptus ou les pins (10 à 20 m^3/ha/an). En revanche, la plupart de ces arbres produisent un bois tendre destiné à l'industrie papetière ou à la production de biomasse énergie. Le bambou, lui, produit un bois de bonne qualité mécanique et de bel aspect esthétique, comparable aux essences nobles. Il a surtout l'avantage de pouvoir être récolté chaque année en exploitation



paysanne avec un outillage réduit, là où les plantations industrielles requièrent de gros moyens mécaniques et sont généralement associées à de grandes propriétés ou concessions employant essentiellement une main-d'œuvre salariée.

Période de récolte

Comme les espèces ligneuses, le bambou peut se récolter durant une bonne partie de l'année. Il faut cependant éviter la période de sortie et de croissance des pousses (mai à août en Asie du Sud-Est) : non seulement les tiges récoltées sont de médiocre qualité, du fait de leur haute teneur en sucres à cette période, mais on risque aussi de casser ou d'endommager les tiges en croissance encore fragiles.

Les ateliers de pré-transformation doivent prendre en compte cette saisonnalité pour pouvoir disposer d'un stock de matière première suffisant durant cette courte période de croissance des pousses.

Caractéristiques mécaniques

Propriétés mécaniques comparatives

Le bambou est un matériau solide, résistant et flexible, qui peut se substituer à de nombreux produits de construction. Soumis à des forces de compression ou de tension, il montre une résistance équivalente, voire supérieure, aux bois de construction ordinaires. Sa résistance à la traction est supérieure à celle de l'acier et le rapport entre sa masse volumique et sa résistance le classe devant l'acier, le béton et le bois de construction traditionnel.

Les fibres de la tige, longitudinales et serrées, confèrent au bambou sa souplesse, sa flexibilité, son élasticité et sa grande résistance à la traction. L'épaisse paroi secondaire des fibres, alternant lamelles larges et étroites, renforce sa solidité qui s'explique également par le fort taux de silice contenu dans les cellules de la tige.

Le bambou est vulnérable aux attaques d'insectes et de champignons. Il est également sensible à l'humidité. Les produits non traités, destinés à un usage en extérieur, ont une durée de vie limitée entre trois et cinq ans. Cette difficulté peut être réduite par des traitements préalables (thermo-traitement, vernis, etc.) et un entretien régulier, les produits pouvant alors se conserver une trentaine d'années.

Les propriétés mécaniques du bambou dépendent de l'espèce et de l'âge des tiges. Plus celles-ci s'approchent de leur maturité (entre 3 et 4 ans pour le *Luông*), plus le bambou est sec (taux d'humidité optimal de 20 %) et meilleures sont ses propriétés. Au-delà, les tiges continuent de sécher jusqu'à devenir cassantes.

On peut comparer les performances du bambou avec celles d'autres matériaux de construction comme le chêne, le pin et le béton.

Caractéristiques techniques de matériaux de construction

Caractéristiques	Bambou	Chêne	Pin	Béton
Densité (kg/m^3)	580-700	700	530	2 400
Résistance à l'élongation Contrainte ultime en traction axiale [MPa (mégapascal)]	240	90	100	2
Résistance à la compression Contrainte ultime en compression axiale [MPa]	80	58	50	25

Source : CTBA et *Sciences et avenir*, août 1998.

- **La densité d'un matériau**, calculée en masse volumique (kg/m^3), est liée à la résistance de ce matériau au poids. Le bambou est plus dense que le pin et aussi dense que le chêne.
- **La contrainte ultime en traction axiale** mesure la résistance des matériaux à l'élongation. Le bambou est le matériau le plus résistant à l'élongation. Il est trois fois plus résistant que le chêne.
- **La contrainte ultime en compression axiale** sert à prévoir le comportement des zones comprimées qui devront supporter des efforts. Le bambou est plus résistant à la compression que les trois autres matériaux.

> Le bambou, lorsqu'il est récolté à maturité, possède de bonnes caractéristiques physiques qui en font un matériau de choix pour le mobilier et la construction légère. Toutefois, s'il n'est pas protégé ou traité, sa sensibilité à l'humidité et aux attaques parasitaires réduit sa durabilité.

Valorisation

Les différentes parties du bambou peuvent être valorisées pour des usages artisanaux, semi-industriels ou industriels, mais également alimentaires ou écologiques. Quelques ouvrages sur l'artisanat du bambou sont cités dans la bibliographie en fin d'ouvrage.

La tige est utilisée pour la construction ou pour la fabrication de meubles, pour la production de baguettes, de lamelles et de parquet. Selon le produit, différentes espèces sont privilégiées et différentes parties de la tige choisies afin de mieux optimiser son utilisation et réduire la part de déchets. Le bas des tiges, au diamètre plus



grand et à la paroi plus épaisse, est mieux adapté à la production de lamelles pour le contreplaqué ou le parquet, tandis que la partie supérieure, plus fine, est mieux valorisée par la production de baguettes de table (utilisées pour saisir les aliments).

Les déchets provenant de la transformation (sciure, copeaux, nœuds) peuvent être valorisés en pâte à papier, en charbon ou encore en briquettes combustibles.

Les souches et rhizomes peuvent également être transformés en charbon combustible ou en charbon actif. Les feuilles fertilisent le sol et les branches collectées servent de combustible pour alimenter les foyers des maisons. Enfin, les pousses de certaines espèces peuvent être consommées et constituent d'ailleurs un mets très apprécié en Asie du Sud-Est.

La valorisation des différentes parties du bambou

9 **Feuilles** : engrais verts, produits médicinaux (médicaments), fourrage, jus, boissons (bière), pigments, huiles essentielles.

8 **Branches et rameaux** : balais, vêtements, combustible, tuteurs et arceaux.

7 **Partie supérieure** : baguettes, cure-dents, piques pour brochettes, perches, échelles, échafaudages, étais.

6 **Partie médiane supérieure** : nattes, rideaux, stores, tapis, autres articles tressés, produits d'artisanat (et *idem* partie supérieure).

5 **Partie médiane inférieure** : produits lamellés-collés (mobilier, panneaux), parquets.

4 **Base de la tige (et souche)** : charbon de bambou, bois de feu.

3 **Turion ou pousse** : consommations alimentaires diverses.

2 **Gaines ou spathes** : produits d'artisanat.

1 **Rhizomes** : produits d'artisanat (anses de panier, pipes à eau).

Déchets, restes de la transformation : panneaux agglomérés, poutres, poteaux compressés, charbon de bambou, pâte à papier, papier, combustibles, carburants.

D'après Zu, 2005.

Marché mondial

Des statistiques peu parlantes

Il est difficile d'obtenir des chiffres fiables sur le marché international du bambou, et ce pour plusieurs raisons :

– il y a encore quelques années, il n'existait pas de classification spécifique du bambou. La base de données des Nations unies sur les statistiques commerciales des produits de base (Comtrade) utilisait des codes communs au rotin et au bambou en ne mentionnant que les montants en valeur, sans préciser les volumes. Depuis 2007, le Système harmonisé de désignation et de codification des marchandises (Convention du SH) a défini un nombre limité de codes SH pour certains produits à base de bambou uniquement (pour plus d'information, voir le site de l'INBAR : *International Network for Bamboo and Rattan*) ;

– les différences de classification et de fiabilité des données entre pays génèrent de grands écarts de chiffres selon les sources (de l'ordre de 1 à 10) ;

– enfin, même si les actes des séminaires internationaux sur le bambou sont riches en données biologiques, agronomiques, en propriétés mécaniques et de construction, ils ne mentionnent aucun chiffre significatif sur les marchés.

Un marché en développement

En 2005, le marché mondial du bambou (comprenant marchés domestiques et exportations et incluant le plus souvent bambou et rotin) était estimé à 7 milliards de dollars américains (USD). Il atteint 12 milliards en 2009, puis 15 milliards en 2012. C'est un marché significatif en forte augmentation, même s'il est loin d'atteindre le marché du bois qui dépasse en 2012 les 500 milliards de dollars.

La Chine y occuperait une place prépondérante : entre 75 et 80 % du total en valeur du marché mondial, soit 10,5 milliards de dollars en 2009, et plus de 50 % des exportations. Les chiffres des exportations ne donnent toutefois pas une image suffisante de l'activité. Ainsi, en Chine, environ 85 % des produits du bambou sont commercialisés sur le marché domestique. En Inde également, les exportations sont très limitées par rapport aux échanges entre les régions et les différents États du pays.

Pour 2010, toujours au sujet des exportations de produits manufacturés, les chiffres du réseau international sur le bambou et le rotin (INBAR) donnent la structure suivante : produits laminés, formés, industriels (19 %), pousses en conserves (18 %), paniers (16 %), meubles en bambou et rotin (13 %), nattes et stores (10 %). Hormis pour les meubles en bambou et en rotin, qui viennent principalement d'Indonésie, les quatre autres produits sont exportés pour 85 à 90 % du total par les Chinois. Les produits bruts, non finalisés, ne représentent que 5 %.



Enfin, le charbon de bambou semi-actif est surtout exporté de Chine vers le Japon comme déodorant ou purificateur. Même si le charbon n'apparaît pas dans les principales exportations (il représenterait 1 à 2 % du total en valeur des exportations), la quantité produite n'est pas négligeable : en 2010, 150 entreprises produisaient en Chine 200 000 tonnes de charbon.

La place du Vietnam

Après la Chine (plus de 50 % des exportations mondiales) et l'Indonésie (16 %), le Vietnam (5 %) serait le troisième exportateur de bambou juste devant la Thaïlande et les Philippines. En 2010, le Vietnam a atteint le chiffre de 300 millions de dollars de valeur d'exportation de produits en bambou ou rotin. Il exporte essentiellement vers l'Union européenne (Allemagne, France, Espagne, Pays-Bas, etc.), les États-Unis, le Japon et Taïwan. Les chiffres des exportations de 2008 sont, en millions de dollars : Allemagne (37), États-Unis (32), Japon (31), France (13), Espagne (11) et Taïwan (10).

L'industrie du bambou et du rotin emploie entre environ 300 000 et 400 000 personnes dans le pays. Elle concerne plus de 700 « villages artisanaux », soit presque un quart des villages artisanaux du pays. Au Vietnam, comme en Chine, ce sont des villages entiers qui se spécialisent dans la fabrication d'artisanat (village de la soie, village de la poterie, village des paniers en bambou, etc.). Environ un million de personnes bénéficie des revenus du bambou et du rotin. Durant les quinze dernières années, et particulièrement entre 2003 et 2007, la production de ce sous-secteur a connu un fort accroissement lié à une demande mondiale en hausse.

À noter que le passage de la vente de produits bruts à faible valeur ajoutée à celle de produits manufacturés à plus haute valeur ajoutée permet d'augmenter de 0,2 à 0,5 le nombre d'emplois créés dans les ateliers par hectare de bambou exploité. La valeur ajoutée locale passe alors de 300 à 1 000 USD/ha.

Perspectives

L'émergence du bambou comme substitut du bois a bénéficié des limites de l'approvisionnement en bois (notamment en bois certifié) face à une demande croissante en produits ligneux. Les produits de transformation du bambou les plus récents, développés au cours des quinze dernières années, tels que parquets, panneaux, meubles en lamellé-collé, produits pour menuiserie et charpente, charbon et charbon actif, représentent aujourd'hui 30 % des volumes de produits à base de bambou commercialisés, mais moins de 2 % du marché total des produits ligneux bois/



bambou. Ils possèdent un fort potentiel de développement s'ils se montrent économiquement compétitifs avec le bois à qualité équivalente.

L'aspect extérieur du bambou, sa résistance et sa dureté (comparable au chêne), combinés à son cycle de croissance rapide et à son mode de récolte durable, en font un potentiel substitut au bois. C'est un produit de plus en plus attractif, en particulier sur les marchés des pays développés. Les perspectives de croissance de ces marchés sont élevées, bien que l'on observe ces dernières années un tassement, lié à la crise économique mondiale.



Études de cas

Cette partie est dédiée à trois études de cas d'entreprises de transformation du bambou situées dans la principale région de production du Vietnam. L'objectif est de décrire leur trajectoire d'évolution : les investissements consentis pour démarrer leur activité, le développement de la production de nouveaux produits et l'articulation entre les différentes productions afin d'augmenter leur efficience et leur adaptabilité aux marchés.

Nous avons sélectionné trois petites et moyennes entreprises, l'une installée depuis près de quinze ans, les deux autres depuis trois et six ans. Elles sont toutes situées au cœur de la zone de production du *Luông* et illustrent la variété de la filière, les différences de coupe et d'approvisionnement ainsi que les stratégies d'évolution et de diversification. Leur gamme de produits et de procédés techniques est étendue : la première fabrique des baguettes finies, à partir de tiges brutes, la deuxième produit des lamelles brutes et de la pâte à papier tandis que la troisième se concentre sur des produits innovants pour la zone, comme les tiges thermo-traitées, les meubles simples et le charbon de bambou.

Chaque cas est présenté de façon identique selon le plan suivant :

- création et parcours de l'entreprise, son fonctionnement, ses ressources humaines et son capital ;
- équipements, produits, choix techniques et fournisseurs ;
- méthodes de conditionnement et stockage, systèmes de vente, adaptation aux marchés et modes de valorisation des déchets ;
- leçons à tirer, perspectives et orientations.

Afin de ne pas répéter trop d'éléments communs aux trois études de cas, nous avons choisi de détailler la première entreprise, puis d'insister sur les aspects complémentaires spécifiques des deux autres. Les processus techniques et les produits, baguettes brutes et finies pour la première entreprise, lamelles brutes pour la deuxième et tiges thermo-traitées, meubles simples et charbons de bambou pour la dernière, ne sont pas présentés de façon approfondie car ils sont détaillés dans les fiches techniques.



Entreprise de transformation X3



Atelier de transformation X3, vue d'ensemble. Alphonse Vogel, Gret.

M. T. est responsable d'une des principales entreprises de transformation du bambou dans la région. Âgé d'une cinquantaine d'années, il travaille depuis plus de vingt ans dans l'industrie du bambou. Il débute son activité professionnelle dans les années 1980, en fabriquant des nattes tressées encollées pour la fabrication de cloisons ou de doubles-plafonds. Au contact d'ingénieurs russes pour lesquels il travaille – les doubles-plafonds en bambou servent à rénover leurs appartements et ateliers – il apprend à fabriquer différentes colles, dont celles à base de lignine.

Pour avoir accès à une source de lignine plus grande, il se déplace au cœur de la plus grande surface de bambou plantée du pays et démarre son entreprise grâce à sa connaissance des colles et des presses hydrauliques pour les nattes. La demande en nattes devenant moindre après le départ des ingénieurs russes, M. T. modifie son activité et se lance dans la production de baguettes.

Sa petite entreprise est installée sur un terrain mis à disposition par les autorités du district, en contrepartie d'un loyer modique. M. T. a progressivement construit des bâtiments sommaires et acheté un matériel simple pour fabriquer des baguettes brutes. Il a diversifié son activité avec la production des baguettes finies et de lamelles de parquets pré-transformées (lamelles brutes au départ, puis rabotées). À la fin des années 2000, il achète un terrain pour investir dans des bâtiments en dur et pouvoir emprunter plus facilement à la banque.





Atelier de découpe des baguettes (second plan) et stockage des déchets (premier plan).
Patrice Lamballe, Gret.



Poste de découpe des baguettes. Patrice Lamballe, Gret.



Fonctionnement de l'entreprise

L'entreprise de M. T. est située près du chef-lieu de district, sur la petite route nationale qui relie cette région de montagne au delta du fleuve Rouge, pôle de développement industriel du Vietnam. Le terrain est localisé près du confluent de la rivière Luong et du fleuve Ma. Cette situation est primordiale car l'approvisionnement en matière première se fait essentiellement par radeaux de bambous, généralement 60 tiges attachées ensemble, le plus souvent confectionnés entre 5 à 10 km en amont de ces deux rivières.



Radeau transportant des tiges de *Luông*. Patrice Lamballe, Gret.

L'entreprise est organisée en étapes et unités complémentaires :

– achat des matières premières (tiges brutes) ;
– pré-transformation (en baguettes ou lamelles brutes) ;
– pré-traitement des baguettes au soufre avant séchage ;
– séchage et finition des baguettes ;
– pré-traitement des déchets à la soude (qui seront vendus pour fabriquer de la pâte à papier) ;
– commercialisation et gestion comptable.

La première étape de production est organisée sur la partie située entre la route et la berge du fleuve, autour du treuil qui sert à remonter les radeaux sur environ 15 m de dénivelé. Les tiges, encore humides, sont stockées quelques heures sous une bâche avant d'être coupées en tronçons de 20 à 25 cm. À proximité, M. T. a creusé des bassins pour pré-traiter les déchets à la soude. De l'autre côté de la route, entre



celle-ci et la base de la montagne, il a installé un transformateur électrique, construit un four de séchage et un atelier en dur pour la finition des baguettes.

Lorsque le marché est favorable, il dirige les grosses tiges vers un petit atelier situé à proximité afin de faire des lamelles brutes de parquet.

Entre l'atelier de finition des baguettes et sa nouvelle maison se situe un atelier additionnel destiné à la fabrication de baguettes japonaises. La technique des baguettes japonaises est plus sophistiquée car celles-ci sont collées deux par deux, gage d'usage unique puisque le client doit les séparer pour s'en servir.

Plan de l'atelier

Polissage
Presse
Stockage des baguettes finies
Bureaux et habitations
Séchoir
RN 15
Vente et chargement des déchets
Broyeur
Bassin de traitement des déchets à la soude
Zone de déchargement des tiges de bambou
Nœuds
Déchets
Déchets
Fabrication de baguettes brutes
Fabrication de lamelles de parquet pré-transformées
Déchargement et stockage des tiges de bambou
Fleuve Ma
Réception des tiges de bambou par radeaux

Personnel et capital

Le personnel de l'entreprise se compose en moyenne de 150 personnes, mais ce nombre varie entre 120 et 180 en fonction des besoins et débouchés. Ce sont majoritairement des ouvrières et ouvriers non qualifiés, à 90 % originaires des minorités ethniques locales, et au moins pour moitié des femmes. M. T. emploie également une douzaine de techniciens pour gérer l'électricité, la maintenance des machines et conduire les camions. D'autre part, certains postes requièrent une qualification spécifique pour manœuvrer certaines machines (machine à baguettes), ou encore de la précision.

Fin 2012, les 120 personnes employées se répartissaient entre les secteurs suivants:

- manipulation du treuil et transport des tiges, 5 ;
- fabrication des baguettes brutes, 30 ;
- fabrication des lamelles, 6 ;
- séchage et criblage/polissage des baguettes, 8 ;
- finition (taille, sélection, ensachage) des baguettes, 28 ;
- trempage des déchets pour déchiquetage à la soude, 24 ;
- chauffeurs de camion et techniciens (maintenance, électricité), 8 ;
- gestion administrative, secrétariat et logistique (direction, gestion, comptable, caissier, achats), 7 ;
- cuisiniers et gardiens, 6.

M. T. dirige seul l'entreprise et prend toutes les décisions. Il se consacre surtout à la commercialisation. Il est aussi responsable de l'association des entrepreneurs du bambou du district, créée avec l'aide du Gret pour défendre les intérêts des entrepreneurs de la filière.

Le capital de l'entreprise est majoritairement personnel ou familial, et sa valeur totale est estimée à 14 milliards de dongs (500 000 €). Les emprunts à la banque sont limités et représentent au plus 20 % de cette somme.

En 2011, le chiffre d'affaires annuel est de 28 à 30 milliards de dongs, soit un peu plus de 1 000 000 €. Le bénéfice consolidé est d'environ 80 000 à 100 000 €, soit 7 000 à 8 000 € par mois. À part la construction de la maison – qui sert également de bureau – l'essentiel des bénéfices est réinvesti chaque année dans l'entreprise : construction d'ateliers, achat de nouveaux équipements ou machines, voire de véhicules.



Ces résultats économiques sont obtenus pour le volume de production mensuel (en 2012) suivant :

- 40 000 tiges transformées : 866 tonnes,
- baguettes finies (et séchées) : 200 tonnes,
- déchets trempés et déchiquetés à la soude : 600 tonnes,
- lamelles rabotées : 200 000 à 300 000 unités, soit environ 60 tonnes,
- « lamelles » pour couverts artisanaux en bambou : 20 000 unités, soit environ 6 tonnes.

Équipements

Le parc de l'entreprise comprend des séchoirs avec brûleurs à combustion directe et ventilateurs, ainsi que 82 machines fonctionnant pour l'essentiel au courant triphasé :

- deux treuils pour monter les tiges depuis les radeaux sur le fleuve jusqu'au niveau de l'atelier ;
- deux scies circulaires (*cross-cut*) pour couper les nœuds et entre-nœuds et machettes pour fendre les entre-nœuds ;
- neuf machines à baguettes, dont huit machines « griffeuses » pour faire des baguettes longues (machines rudimentaires mais efficaces, toutefois dangereuses pour les doigts) ;
- trois splitteuses, trois raboteuses, trois raboteuses de nœuds, trois déligneuses avec deux scies circulaires ;
- dix-huit machines à tailler pour aiguiser le bout des baguettes et les scarifier ;
- vingt-deux cages vibrantes pour le polissage des baguettes ;
- quatre ensacheuses de baguettes par paires ;
- deux motopompes, trois broyeuses de nœuds.

Dans la région, peu d'entreprises (moins d'une dizaine) dépassent le stade de fabrication de baguettes brutes (sorties de la machine à baguettes), car le séchage et la finition nécessitent un investissement nettement plus élevé. L'apprentissage du travail sur la machine à baguettes est long et coûteux en matière première. En effet, pour réussir du premier coup la confection des baguettes, il faut un geste sûr, précis et rapide, ce que n'ont pas les nouvelles recrues. Pour cette raison, M. T. a amélioré l'une des machines avec un système de réglage de la fréquence de retour de la lame d'acier afin d'en diminuer la vitesse.

Les fours à combustion directe valorisent bien le combustible, largement disponible sur place (bases des tiges et nœuds), mais sont peu efficaces. M. T. a l'intention de les remplacer par un système alimenté par une chaudière à vapeur.



Pour la production de lamelles brutes, en plus des équipements indispensables du treuil et de la *cross-cut*, deux machines principales sont utilisées : la splitteuse, qui fend la tige en un nombre de lamelles proportionnel à la circonférence, et la raboteuse quatre-faces.

Produits et prix de vente

Trois produits sont fabriqués par l'entreprise de M. T. :

– les baguettes (produit principal), séchées et finies sur place. Elles se déclinent en divers calibres et conditionnements en fonction de la demande des intermédiaires, des clients et des pays d'utilisation finale ;
– les lamelles pour différentes sortes de parquets ou produits lamellés-collés et les baguettes longues ;
– les déchets pré-traités à la soude, produit intermédiaire, qui sont revendus pour la production de pâte à papier.

Le prix de vente des baguettes brutes est très bas (en 2012, il était de l'ordre de 4 200 VND/jour, soit 0,16 €[1]) et suit difficilement l'inflation. M. T. a fait le choix de développer la production de baguettes séchées et finies pour augmenter la rentabilité de sa production. Le prix des baguettes finies (de l'ordre de 12 070 VND par kg, soit 0,45 €) est en effet assez stable, peu élastique, avec une augmentation qui suit mieux l'inflation. Le prix est fixé en fonction des orientations globales du marché et des différents types de baguettes. Il est discuté et négocié avec l'intermédiaire, parfois directement avec l'acheteur final.

La fabrication des baguettes séchées et finies demande significativement plus de capital et de ressources humaines qualifiées. En contrepartie, elle permet de stocker les baguettes sur de plus longues périodes, de diversifier la production et d'accéder à des clients finaux ainsi qu'à l'exportation, apportant ainsi plus de sécurité et une marge financière plus relevée.

Pour diversifier sa production et mieux valoriser les grosses tiges, M. T. a endossé à un moment le rôle de sous-traitant, produisant des lamelles brutes pour de grosses entreprises du Delta. Toutefois, cette situation n'a pas été confortable du fait d'un contrôle qualité arbitraire et des retards de paiement de la part des grosses entreprises acheteuses. Cela lui a néanmoins permis d'obtenir des liquidités et d'investir dans de nouveaux équipements, souvent polyvalents (scies circulaires, splitteuses, raboteuses, etc.), et d'avoir accès à de nouvelles technologies (fendeuse, raboteuse, etc.) et savoir-faire lui permettant aujourd'hui de produire des lamelles rabotées. Grâce à sa production de qualité et à sa crédibilité, l'entrepreneur peut aujourd'hui négocier directement avec des (gros) clients.

1. Nous utilisons ici la moyenne hebdomadaire du taux du cours acheteur OANDA pour l'année 2012 pour la conversion entre euro (€) et dong vietnamien (VND) : 1 € = 26 600 VND.



Les échanges avec les autres entreprises locales en flux de produits (sauf déchets pré-traités) sont limités, car le volume de production rend l'entreprise le plus souvent autosuffisante en termes de ressources humaines, d'équipements, de matière première et de produits pré-transformés.

En 2012, M. T. met en œuvre un contrat avec une entreprise du Delta qui réalise la finition et la vente de couverts en bambou (louches et cuillères) : il produit environ 20 000 lamelles brutes de 33 cm de long par 8 cm de large et 16 mm d'épaisseur, au prix de 2 500 VND (0,09 €) par lamelle.

Stratégie

M. T a bâti sa stratégie d'entreprise en fonction de la demande et de la valeur ajouté dégagée par ses différents produits. Son entreprise ne se limite pas à la fabrication d'un seul produit, et il y a complémentarité entre les trois produits principaux : un produit phare, les baguettes, et deux produits complémentaires, les lamelles brutes et les matières premières pré-traitées pour pâte à papier (considérées comme sous-produits de fabrication des deux précédents). La baguette séchée et finie est un produit très diversifié : plusieurs diamètres (3), longueurs (5), section carrée ou ronde, conditionnées en vrac ou ensachées, réutilisables ou à usage unique (voir fiche n° 5 page 103). Le fait d'ensacher les baguettes donne directement accès au marché vietnamien.

Contrairement aux produits uniquement pré-transformés, la production de baguette finie augmente la valeur ajoutée produite sur place. Travailler sur des produits plus sophistiqués ou de niche (baguette à section carrée, à usage unique, etc.) réduit la concurrence locale et facilite la fixation de prix plus élevés.

La complémentarité entre ces produits valorise la diversité des tiges livrées et les différentes parties des tiges :

- différentes qualités (ou âges) : les lamelles requièrent une meilleure qualité de tige (tiges de trois ans au moins) que les baguettes (au moins deux ans). Par contre, la production de pâte à papier n'induit aucune exigence de qualité ;
- différents calibres : les plus gros diamètres servent pour les lamelles, les baguettes pouvant se fabriquer dans des calibres moyens comme dans le haut des gros calibres ;
- différentes parties : la partie basse des tiges pour les lamelles, la partie moyenne et supérieure pour les baguettes, la partie supérieure, les nœuds (broyés) et les autres déchets de transformation pour la pâte à papier.

M. T. est particulièrement fier de produire des baguettes par le biais de deux procédés différents et de pouvoir passer facilement des lamelles aux baguettes en fonction de la demande. Les raboteuses servant à faire les lamelles sont aussi employées – grâce à l'ajout d'une machine supplémentaire – pour fabriquer des baguettes longues pouvant être recoupées. Ces baguettes longues valorisent les nœuds, ce qui n'est pas le cas de l'autre procédé de fabrication des baguettes.



Choix techniques

Le schéma suivant illustre les différentes stratégies de production et la flexibilité que développe l'atelier X3 grâce à son équipement. Cette capacité de réactivité face aux évolutions du marché (type de produits et prix) constitue l'un des atouts majeurs de ce genre d'entreprise. La production de base est celle des baguettes, dont le produit fini (brut, séché, ensaché, etc.) varie en fonction de la demande. Les tiges sont généralement livrées par radeau.

Stratégies de production de l'atelier X3

Stockées sur place
Livrées par camion
Baguettes spécifiques
Baguettes ensachées
Baguettes en vrac
Lamelles brutes
Vente à usine de pâte à papier
Baguettes séchées
Nœuds broyés
Déchets déchiquettés
Baguettes à travers les nœuds
Partie supérieure
Séchage et souffrage si humidité
3 Si le prix de la pâte à papier augmente
Déchets
Baguettes brutes
2 Si le marché des lamelles n'est pas favorable
1 Si le marché des lamelles est favorable
Nœuds combustibles (séchage)
Nœuds
Tiges de qualité (obligatoire)
Tiges livrées par radeau
Tiges livrées par camion



Lorsque le marché des lamelles est favorable (1), des tiges de qualité sont livrées par camion à l'atelier qui les transforme en lamelles brutes. Si le marché change, les tiges peuvent servir pour la fabrication de baguettes (2). En temps normal, les déchets de la production de baguettes servent comme combustible pour le séchage (nœuds) ou sont transformés en déchets déchiquetés vendus aux usines de pâte à papier. Si le prix de la pâte à papier est élevé (3), les nœuds peuvent également être transformés en nœuds broyés à destination de ces usines.

Fournisseurs

L'entreprise ne travaille qu'une seule espèce (le *Luông*), mais achète des tiges de différents calibres (diamètres) et de qualité variée (âge/maturité).

Ses principaux fournisseurs de tiges sont :

- les paysans producteurs de la zone (certains, proches, pouvant livrer directement à l'entreprise) ;
- les collecteurs villageois (recueillant les tiges des paysans pour fournir les ateliers ou traders) ;
- les collecteurs transportant les tiges en radeau jusqu'à l'entreprise ;
- les traders (disposant d'au moins un camion et pouvant fournir divers clients, locaux ou non).

L'entreprise de M. T. fonctionne à flux tendu car elle a besoin d'un approvisionnement important et régulier en tiges. Malgré la présence dans la région de grandes surfaces de bambou *Luông*, la concurrence est forte avec les autres entreprises locales, les usines et les autres revendeurs du Delta qui achètent des tiges brutes. La sécurisation des approvisionnements est essentielle : l'entrepreneur essaie de maintenir les volumes et prix de ses approvisionnements auprès des collecteurs, même lorsque la demande se tasse sensiblement.

Pour ce faire, M. T. se renseigne très régulièrement sur les évolutions des prix du marché national auprès des négociants ou acheteurs. Il travaille avec deux traders et de nombreux collecteurs villageois. Pour s'assurer de leur fidélité, il avance une somme d'argent à chaque collecteur, somme avec laquelle ce dernier pourra avancer l'argent aux producteurs. Ceux-ci sont payés soit à la coupe, soit lorsque la tige arrive chez le collecteur. Lorsque les producteurs ont des besoins monétaires urgents, ils peuvent percevoir une avance. Il n'y a pas de contrat passé avec les fournisseurs. Pour obtenir un approvisionnement suffisant durant la saison des pluies, M. T. valorise son réseau de collecteurs et son débarcadère muni d'une balance pour camions, servant à peser chaque livraison.

Les systèmes de vente sont diversifiés, que celles-ci se fassent en direct avec les clients finaux ou, plus généralement, avec des intermédiaires exportateurs. On distingue trois sortes de clients :

– les clients locaux achetant un produit finalisé (baguettes ensachées par paires le plus souvent) (1) ;
– les intermédiaires faisant le reconditionnement pour l'exportation (2) ;
– les exportateurs vers la Chine et l'Asie du Nord-Est (Japon, Corée du Sud et Taïwan) (3).

Si les systèmes (1) et (3) sont plus rentables, la demande porte toutefois sur des volumes limités. M. T. passe par système d'intermédiaires (2) pour écouler des volumes plus élevés et assurer la bonne marche globale de l'entreprise. Les systèmes (1) et (2) requièrent moins de capacité de négociation avec des exportateurs, mais font l'objet d'une forte concurrence et donc de prix limités. Maintenant que M. T. est reconnu pour sa compétence et la qualité de ses produits, il veut donner la priorité au système (3). Peu d'acteurs de la zone sont aujourd'hui capables de viser ces marchés d'export. Cette faible concurrence et la reconnaissance de la qualité de sa production ont permis à M. T. de négocier les clauses du contrat pour y inclure le versement d'avances pour l'achat de nouvelles machines.

Conditionnement et stockage

Vendus en vrac, les lamelles brutes et les déchets pré-traités ne nécessitent pas de conditionnement. Les baguettes finies sont conditionnées soit en semi-vrac (sacs ou cartons de 15 à 20 kg contenant quelques milliers d'unités), soit en sachets de 60 paires, soit en sachets d'une paire. L'approvisionnement en cartons ou sachets ne pose pas de problème particulier, mais les cartons pour l'exportation doivent être estampillés à la marque du client en fonction de la demande.

Le stockage et les problèmes de volume s'appréhendent de manière différente selon qu'il s'agit de matière première, de déchets ou bien de produits intermédiaires ou finis.

Matière première

Comme l'illustre le plan d'atelier (voir page 27), il y a peu de place pour stocker les bambous (quelques centaines de m² seulement), alors que 1 000 à 2 000 tiges sont utilisées chaque jour. M. T. peut gagner de la place en maintenant les radeaux de tiges en flottaison sur le fleuve. Néanmoins, pour des raisons de qualité minimale, les tiges ne doivent ni rester dans l'eau, ni être stockées trop longtemps, et doivent être rapidement transformées (au moins en produits bruts) une fois arrivées à l'entreprise.

Attention : la gestion des flux est un élément clé de l'approvisionnement en matière première.



Produits intermédiaires et produits finis

Les baguettes pré-transformées sont traitées au soufre avant séchage, puis stockées sous bâche si le séchage dans les fours doit attendre plusieurs jours. Les baguettes sèches sont un produit peu encombrant par rapport à la matière première de départ (tige). Elles peuvent être stockées plusieurs semaines dans des sacs ou cartons à l'intérieur de l'entrepôt ou de l'atelier de finition.

Valorisation des déchets

M. T. différencie trois types de déchets selon leur usage final :

– copeaux de baguettes (déchet le plus important en volume), qui sont passés en pré-traitement à la soude durant 5 jours pour ensuite être livrés et vendus aux producteurs de pâte à papier ;
– nœuds supérieurs et partie supérieure de la tige, broyés puis ajoutés aux déchets pré-traités ;
– bases des tiges (souches) et nœuds inférieurs, qui font office de combustibles pour le séchoir. Ils seront d'autant mieux utilisés que les brûleurs directs auront été remplacés par une chaudière à vapeur.

En définitive, si toute la tige est utilisée, elle l'est majoritairement pour la production de pâte à papier ou de combustible. Une grande partie de la tige est donc peu ou mal valorisée. Seule une partie correspondant à une moyenne de 20 % (lorsque l'atelier ne produit pas de lamelles rabotées) à 30 % du poids de la tige (lorsque l'atelier produit des baguettes et des lamelles) est transformée en produits présentant une valeur ajoutée élevée (baguettes sèches, finies, lamelles).

M. T. envisage plusieurs améliorations pour augmenter la valorisation des tiges de *Luông* :

– récupération des résidus de soude et lignine pour leur utilisation dans la fabrication de plastiques ou de colles ;
– développement de la production de fines lamelles pour la fabrication de contreplaqué (planchers et coffrages pour la construction). Le taux d'utilisation de la tige passerait de 20 % à 60 % ;
– l'emploi de lamelles rabotées incluant les nœuds des tiges, afin de produire des baguettes plus longues (dont la taille n'est pas fixée par celle des entre-nœuds) et de réduire les pertes.

Réactivité par rapport aux marchés

La rentabilité des différents produits – baguettes (nombreux types), lamelles (divers calibres) et matières premières pour la pâte à papier – varie au cours du temps. Chaque tige permettant de fabriquer ces trois produits, l'entrepreneur adapte sa production en fonction des opportunités liées à la demande.

Posséder l'essentiel des équipements, et notamment des machines polyvalentes, est utile pour faire des choix, réajuster la production, être plus flexible et très réactif en fonction de la demande. C'est le cas des équipements communs aux lamelles et baguettes : splitteuse, raboteuse, séchoirs, etc. Les séchoirs – dont le combustible (nœuds de bambou) est disponible à très bas prix ou en autoconsommation – apportent une plus grande marge de manœuvre. Ils permettent de conserver, de stocker et de finaliser les différents produits. Cela est encore plus vrai avec une chaudière à vapeur qui permet de faire fonctionner séchoirs, presses, carbonisateurs, etc.

Disposer d'un au plusieurs camions est une condition favorable pour acheter des tiges en supplément, évacuer les déchets, faciliter le transport au sein de l'entreprise et livrer les produits finis. La livraison de ces produits dans le Delta ou en ville offre l'opportunité de rapporter, sur le trajet du retour, des équipements et autres marchandises utiles à la bonne marche de l'entreprise.

Le réinvestissement progressif des bénéfices, en capital circulant et dans l'achat de machines supplémentaires (montant modéré), permet de développer et diversifier l'entreprise, de stabiliser les volumes ou les ressources humaines et de produire plus efficacement.

Perspectives

M. T. a choisi d'innover en développant la production de baguettes japonaises, sous contrat direct avec un acheteur japonais. Il a acheté de nouvelles machines et fait des essais. Cela devrait lui permettre d'augmenter la valeur ajoutée et de multiplier le prix des baguettes par deux. Lorsqu'il pourra bénéficier d'un prêt, il investira dans l'achat d'une chaudière à vapeur qui lui donnera la possibilité de faire fonctionner efficacement les séchoirs et d'autres équipements, comme la presse à panneaux qu'il a achetée en Chine.

Au bout de deux ans, les bénéfices tirés de la vente de baguettes pourraient être réinvestis sur une chaîne de production de contreplaqués, la demande pour ce produit étant forte et en progression. Cela l'obligerait à recruter de bons techniciens, il serait alors le premier entrepreneur local à fabriquer un produit lamellé-collé fini. Pour ce faire, il devra s'appuyer sur un réseau de petits entrepreneurs ou artisans qui lui livreront les fines lamelles tressées (voir fiche n° 9 page 137). Cette évolution permettrait d'atteindre un taux d'utilisation des tiges pour des produits à haute valeur ajoutée de l'ordre de 60 %.



Principales difficultés rencontrées et solutions apportées

Points clés	Difficultés rencontrées	Solutions, stratégies développées	Précautions à prendre et recommandations
Approvisionnement en matière première	Quantité ponctuellement insuffisante. Qualité hétérogène (insuffisance de gros calibres et tiges mâtures).	Constitution de stocks d'avance (contrainte par la place disponible). Diversification des sources d'approvisionnement. Augmentation temporaire du prix d'achat. Achat de produits pré-transformés.	Disposer d'une gamme étendue de produits pour faire un achat en volume de matières premières. Internaliser la fonction d'achat. Acheter directement aux producteurs (ou groupes). Fidéliser les fournisseurs par contractualisation.
Capital	Capital insuffisant pour investir dans des infrastructures et équipements coûteux. Difficulté d'obtention de crédits. Capital circulant limité.	Réinvestissements progressifs du profit. Achat de matériel chinois d'occasion. Investissement en infrastructures (pour favoriser l'obtention de garanties bancaires).	Investir dans des bâtiments, équipements et machines polyvalents et multifonctionnels. Faciliter le lobbying par la création d'organisations faîtière et de regroupements
Ressources humaines qualifiées	Peu de main-d'œuvre qualifiée localement.	Augmentation comparative des salaires. Utilisation de matériel simple, facile d'entretien. Formation des employés les moins mobiles.	Organiser des formations continues. Favoriser la participation des employés au capital de l'entreprise.
Accès à l'énergie	Coupures régulières d'électricité (pratique du délestage, plus répandu dans les zones enclavées) : environ 10 à 20 % du temps en période normale, près de 30 à 50 % en période de sécheresse, en général au printemps.	Utilisation de générateurs électriques, pour assurer le fonctionnement des postes essentiels. Recours au travail de nuit, au moins passage en 2 x 8 heures. Traitement des produits au soufre dans le cas de stockage prolongé (pour limiter les moisissures).	Adapter la charge de travail en fonction des saisons et pour éviter les périodes de délestage. Utiliser une chaudière à vapeur pour limiter l'incidence des coupures d'électricité.
Accès aux marchés	Baisse structurelle et baisse temporaire de la demande. Baisse globale sur tous les produits, sur certains produits ou sur les produits à faible valeur ajoutée.	Contractualisation directe avec des acheteurs de produits finis. Amélioration de la réactivité aux fluctuations grâce à la finition des produits, aux capacités d'adaptation des ressources humaines, équipements et bâtiments, produits, au renforcement des capacités d'innovation (formation en Chine et en Corée).	Diversifier la gamme de produits. Rechercher des marchés de niche. Améliorer la qualité des produits. Identifier la demande par un contact rapproché avec la clientèle.

Entreprise de transformation X5

L'entreprise X5 est une coopérative dont la majorité des membres était à l'origine des négociants de produits agricoles (manioc ou maïs) ou des chauffeurs de camions, plus ou moins en lien avec l'industrie du bois. Ils n'avaient pas d'atelier de transformation du bambou. L'évolution de leur positionnement dans la filière est intéressante.

Lorsqu'une entreprise de production de lamelles rabotées pour parquet, également appelées planées, s'est installée fin 2004 dans la province, elle a dû, pour des raisons administratives, implanter son usine à une centaine de kilomètres de la zone de production des bambous (soit deux heures de trajet en véhicule motorisé). Du fait de cette distance, les paysans producteurs pouvaient difficilement suivre l'évolution des prix en temps réel ou livrer eux-mêmes directement à l'usine. Par ailleurs, le déclassement arbitraire des tiges livrées à l'entreprise a rapidement posé problème aux négociants : des tiges qu'ils avaient classées en qualité A ou B, et payées en tant que telles aux producteurs, étaient déclassées de manière arbitraire en qualité B ou C à l'entrée de l'usine, et donc payées moins cher que le prix payé aux producteurs. La différence était à la charge des négociants, rendant l'activité peu rentable et risquée.

La production de lames de parquets n'utilise que le quart de la biomasse de chaque tige. Pour réduire les volumes transportés, l'entreprise a proposé de développer la pré-transformation des tiges en lamelles brutes à proximité des lieux de production. Les différentes propositions faites aux producteurs n'ayant pas abouties, l'entreprise a dû se reporter vers des traders ou chauffeurs qui disposaient d'un peu de capital, savaient négocier et étaient en capacité de prendre des risques. C'est ainsi que quatre collecteurs et négociants ont mis en place quatre petits ateliers produisant des lamelles brutes pour l'usine et utilisant le reste des tiges pour faire des baguettes. Ce système a correctement fonctionné pendant un an.

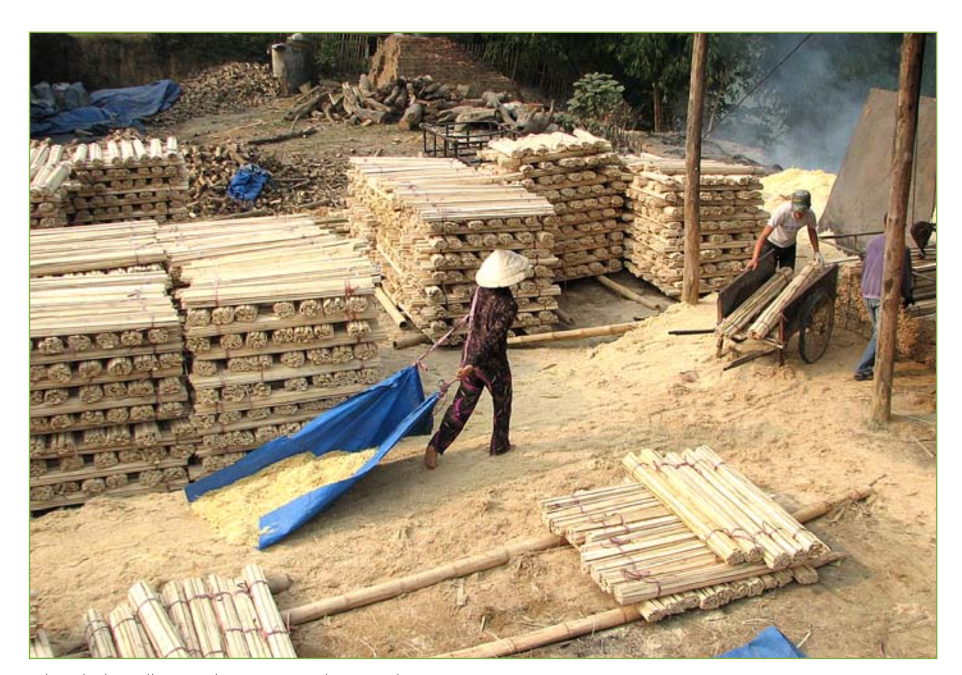
L'entreprise a décidé de confier cette production à un gestionnaire extérieur, puis à ses chefs d'équipes présents localement. Suite au transfert aux nouveaux gestionnaires, les livraisons des lamelles brutes par les petits ateliers de transformation se sont révélées encore plus problématiques que celles des tiges : temps d'attente trop long à l'entrée de l'usine, lamelles systématiquement déclassées, gestion discrétionnaire des paiements, etc.

Les entrepreneurs pré-transformateurs ont décidé d'aller plus loin dans le procédé de production : produire des lamelles rabotées, planées et traitées, directement livrables à l'usine de parquets en court-circuitant l'usine intermédiaire de rabotage à laquelle ils livraient jusque-là. Mais le passage à la production de lamelles rabotées exigeait des machines plus sophistiquées et plus chères n'existant pas au Vietnam, ainsi qu'une cuve de traitement (boiler) pour ébouillanter et traiter les lamelles. Ils ont alors choisi d'investir collectivement dans la construction d'un atelier de planage tout en maintenant la production individuelle de lamelles brutes (ce qui représente un investissement de l'ordre de 120 000 USD pour l'achat des machines et du transformateur électrique). L'appui d'un projet étranger leur a alors permis de financer





Poste de fabrication des lamelles, atelier X5. Aurélie Vogel, Gret.



Piles de lamelles, atelier X5. Aurélie Vogel, Gret.

sous forme de « prêt » l'achat des machines et du transformateur. En contrepartie, les entrepreneurs ont pris en charge l'achat du terrain, d'un camion et de la construction de l'atelier. Les petits ateliers se sont ensuite regroupés pour constituer la coopérative couramment appelée X5.

Évolution de la chaîne de production

2004
Plantations de bambou → Transport des tiges de bambou, 100 km → Usine A lamelles rabotées → Transport des lamelles rabotées, 300 km → Usine B lamelles finies pour export

2005
Plantations de bambou → Atelier lamelles brutes (×4) → Transport des lamelles brutes, 100 km → Usine A lamelles rabotées → Transport des lamelles rabotées, 300 km → Usine B lamelles finies pour export

2007
Plantations de bambou → Atelier lamelles brutes (×4) → Atelier lamelles rabotées → Transport des lamelles rabotées, 400 km → Usine B lamelles finies pour export

Usine A lamelles rabotées (barrée)





Bassin de traitement des déchets à la soude. Aurélie Vogel, Gret.

Fonctionnement de l'entreprise

L'entreprise X5 est construite au cœur de la zone de production de bambou, sur un terrain touchant à la fois la route nationale et le fleuve. Contrairement à X3, l'approvisionnement se fait essentiellement par la route, tout d'abord parce que l'entreprise est située trop en aval sur le fleuve : les collecteurs sur rivières donnent la priorité aux gros ateliers situés en amont, le trajet pour y accéder étant plus court. D'autre part, X5 souhaite s'approvisionner auprès de producteurs situés à l'aval de la rivière, pour lesquels le transport ne peut se faire que par la route (les radeaux sans moteur ne peuvent pas remonter le courant). Enfin, au lancement de X5, l'atelier s'approvisionne essentiellement non pas en tiges complètes mais en tronçons d'un mètre ou lamelles brutes (issues des quatre ateliers individuels). Or, n'étant plus protégées par la cuticule, ces dernières ne peuvent être transportées par radeau.



Transport des tiges par camion. Patrice Lamballe, Gret.

À son démarrage, l'entreprise se limitait à la transformation des lamelles brutes en lamelles rabotées et était organisée en trois unités et étapes :

- approvisionnement en tronçons ou en lamelles brutes à partir des ateliers de base ;
- transformation en lamelles rabotées à partir des raboteuses achetées en Chine, puis traitement au boiler (cuve en métal servant à ébouillanter les produits) avec de l'eau oxygénée ;
- vente et transport des lamelles rabotées à l'usine de finition.

Contrairement à X3, l'entreprise X5 ne réalisait qu'une partie du procédé de production et n'assurait pas la finition. Les flux entre la pré-transformation dans les quatre ateliers de base et la livraison à l'usine de finition devaient être gérés avec minutie pour éviter les moisissures des lamelles. Dans un premier temps, les lamelles rabotées étaient ébouillantées à l'eau oxygénée pour assurer une conservation assez longue, accumuler un volume suffisant et rentabiliser le transport. L'ébouillantage a été remplacé par un traitement au soufre sous bâche (similaire au traitement des baguettes).

Trois ans plus tard, la coopérative diversifie ses activités pour ne pas dépendre uniquement de la production de lamelles rabotées et choisit de :

- poursuivre la production de lamelles rabotées, essentiellement à partir des tiges et de tronçons achetés à l'un des ateliers ;
- produire des baguettes brutes pour améliorer le taux d'utilisation des tiges et diminuer la quantité de déchets ou de sous-produits à faible valeur ajoutée ;
- valoriser les copeaux et nœuds en déchets déchiquetés et en pâte à papier.

La surface de terrain étant suffisamment grande, l'investissement se fera dans la construction d'un nouvel atelier et de bassins pour le déchiquetage des déchets et le broyage en pâte à papier.

Personnel et capital

L'entreprise emploie 80 personnes et jusqu'à 90 lorsque la demande est forte. Les femmes représentent la moitié du personnel et 90 % des personnes appartiennent à des minorités ethniques. Le personnel est peu habitué à la « culture » industrielle, ce qui pose des problèmes de gestion et d'absentéisme lors d'évènements familiaux (mariages) ou lors de la saison des semailles et des récoltes.



La répartition du personnel selon les différents postes est la suivante :

– déchargement et transport manuel, 4 personnes ;
– groupe de fabrication des baguettes brutes, 15 personnes ;
– groupe de fabrication des lamelles rabotées, 20 personnes ;
– groupe de production des déchets déchiquetés à la soude et pâte à papier, 28 personnes ;
– administration, bureau, cuisine et gardiens, 8 personnes ;
– chauffeurs de camion et techniciens, 5 personnes.

La coopérative comprenait au départ sept membres, ce qui représentait alors le nombre minimum légal au Vietnam. Il s'agissait d'anciens dirigeants ou de codirigeants d'ateliers situés dans des vallées différentes, ce qui facilitait la diversification des sources d'approvisionnement dont chacun était responsable à partir de sa zone d'origine. Seuls quatre d'entre eux, dont le propriétaire, sont aujourd'hui toujours membres. M. B., directeur de la coopérative depuis sa création, prend les décisions finales, les autres membres sont consultés en permanence et participent directement à la marche de l'entreprise.

En plus de la répartition géographique, il existe une répartition « croisée » des tâches :

– le directeur de la coopérative est responsable des contrats et paiements, que ce soit avec les fournisseurs ou les acheteurs finaux, ainsi que de la livraison pour l'acheteur principal ;
– le directeur adjoint est responsable de la gestion de l'atelier, du contrôle qualité et de la préparation des commandes jusqu'au départ des camions ;
– un troisième membre est responsable des approvisionnements en matière première (tiges) et de la gestion des collecteurs ainsi que de l'achat des équipements et pièces de rechange ;
– le quatrième membre, enfin, qui avait mis sa parcelle de terrain à disposition de la coopérative, est responsable des liens avec les autorités communales et du gardiennage.

Le capital total est estimé à environ 100 000 €, dont 40 % proviennent du « prêt » fourni par une ONG internationale (Oxfam Hong Kong) et 10 % correspondent à la mise à disposition du terrain. Le reste (bassins pour la pâte à papier, nouvel atelier et deuxième camion) a été financé par les trois principaux membres restants et grâce aux bénéfices passés. Les emprunts à la banque sont *a priori* limités et ne dépassent pas 20 % du montant du capital total. Le chiffre d'affaires mensuel est d'environ 40 000 € avec un taux de profitabilité (c'est-à-dire le résultat net comptable – bénéfice – divisé par le chiffre d'affaires hors taxes) d'environ 10 %, essentiellement réinjecté dans les nouveaux investissements (camion, transformateur, nouveaux bassins et machines).



Chaque mois, l'atelier transforme 35 000 à 40 000 tiges et produit les volumes suivants, assez stables ces dernières années :

– lamelles rabotées, 150 000 unités (soit 75 tonnes) par mois ;
– baguettes brutes, 60 tonnes par mois ;
– déchets trempés à la soude, 700 tonnes par mois.

Équipements

Les équipements communs aux trois procédés sont :

– un générateur électrique ;
– un poste à souder, une machine à couper les métaux et une affuteuse.

L'atelier possède également des équipements spécifiques pour la fabrication des principaux produits.

Production des baguettes brutes :

– un camion (d'occasion) pouvant transporter tiges et tronçons, nœuds et copeaux de baguettes ;
– une scie circulaire (*cross-cut*) et des machettes (pour fendre les entre-nœuds) ;
– trois machines à baguettes (rudimentaires mais efficaces, toutefois dangereuses pour les doigts).

Production de lamelles rabotées :

– au départ, une déligneuse (double scie circulaire coupant en long) et des raboteuses deux-faces (pour les lamelles coupées en rectiligne par la déligneuse) ;
– ensuite, trois splitteuses/fendeuses (couteaux disposés en étoile, en fonction du diamètre de la tige) et des raboteuses quatre-faces (pour les lamelles fendues par la splitteuse) ;
– une cuve en métal (boiler) pour l'ébouillantage. La manipulation des paquets de lamelles disposés dans une grande cage d'environ 1 m^3 se fait à l'aide d'une grue et d'un palan.

Production de déchets déchiquetés et de pâte à papier :

– une broyeuse à marteaux pour déchiqueter les nœuds provenant de l'unité de baguettes ;
– des bassins de 90 m^3, correspondant au volume transporté par un camion ;
– dix motopompes pour prélever l'eau du fleuve, la mélanger à la soude et vider les bassins ;
– une broyeuse pour transformer les déchets de première transformation en pâte à papier ;

– des bassins à pâte à papier, plus larges et moins profonds, munis de caillebotis (tiges éclatées et déroulées) pour l'écoulement de l'eau ;
– un bassin de dépollution (testé avec l'aide du projet) ;
– un camion à trois essieux pour transporter les déchets déchiquetés et la pâte à papier (souvent surchargé, il risque de se renverser en cours de route).

Toutes les machines fonctionnent au courant triphasé, à l'exception d'une machine à fabriquer des lamelles larges pour articles d'artisanat, du poste à souder, de la machine à couper les métaux et de l'affuteuse.

› L'importance des moyens de transport

L'essentiel des approvisionnements et des livraisons aux finisseurs se fait par la route. Disposer d'une flotte de camions adaptée, pouvant fonctionner en continu, est stratégique. X5 possède ainsi deux camions aux fonctions complémentaires, l'un dédié à l'approvisionnement en tiges, tronçons et nœuds, et l'autre au transport de la pâte à papier et des lamelles rabotées. Une partie du coût des camions est financée par le transport de marchandises sur le chemin du retour.

Les moyens de transports internes à l'entreprise sont plus rudimentaires :

– un sac en plastique ou en feuille d'ananas, coupé et étalé, pour transporter, en le tirant, les sciures et autres déchets (copeaux de baguettes) qui s'accumulent au pied des machines ;
– des brancards (deux bambous de 1,50 à 2 m de long) avec une toile au milieu et des madriers avec barres de bambou servant d'escalier pour monter la pâte à papier dans le camion ;
– une petite remorque dont les bords sont constitués à partir de parois de fûts de soude coupées et soudées, servant à transporter les nœuds depuis l'unité baguettes jusqu'à la broyeuse à déchets.

› Un secteur stratégique : l'alimentation électrique

L'achat d'un transformateur électrique, même si l'investissement est plus modeste que pour un camion, est tout aussi stratégique. Il rend possible une alimentation autonome à partir de la ligne de 35 kV, qui ne peut pas être remplacée par le réseau communal car la plupart des machines fonctionnent en courant triphasé. Il est alors fondamental de disposer d'un groupe électrogène, voire deux : un générateur diesel en triphasé et une génératrice essence pour l'alimentation des pompes de bassin.

Les coupures de courant sont fréquentes, surtout en saison sèche, et les générateurs ne suffisent pas à l'ensemble des machines. Si les coupures sont annoncées, M. B. demande à ses ouvriers de décaler les heures de travail en soirée ou très tôt le matin, lorsque l'électricité est garantie. Les coupures brèves peuvent être gérées en mobilisant le personnel pour des tâches qui ne nécessitent pas d'électricité (trans-

port des déchets et chargement de pâte à papier), ou encore en concentrant le travail soit sur les machines alimentées par le générateur, soit sur la maintenance des équipements. À noter que la gestion du personnel dépend aussi du flux des commandes : le travail de nuit est organisé pour des commandes élevées et pressantes.

› Les évolutions technologiques et l'importance de la maintenance

Sur le plan technologique, la principale innovation de X5 a été l'introduction de la splitteuse (tronçons de bambou poussés par une machine sur un couteau en forme d'étoile) à la place de la déligneuse (le bambou passe entre deux scies circulaires) (voir fiche lamelles de parquet brutes et rabotées page 125). Avec la splitteuse, le travail est certes moins précis – la raboteuse quatre-faces permet de le corriger – mais est plus efficace et dix fois plus rapide dès lors que les ouvriers savent choisir les bons couteaux.

Deux raboteuses deux-faces et deux quatre-faces ont initialement été achetées, mais aujourd'hui – avec la splitteuse –, seules les quatre-faces sont en service. Grâce à ces machines sont fabriquées des lamelles de différentes longueurs, de largeur légèrement variable et d'épaisseur allant de 5 à 9 mm, celles les plus couramment usitées pour les lamellés.

La maintenance de ces machines – achetées neuves à 5 000 € l'unité – est essentielle : une maintenance régulière et de qualité a permis de les faire fonctionner pendant au moins cinq ans et d'éviter les pannes en périodes de pic de production.

Une formation des techniciens d'électricité par l'organisation Énergies sans Frontières a également montré toute l'importance du dimensionnement du réseau électrique interne, de la cohérence de l'ensemble (puissance des machines) et des systèmes de sécurité. L'investissement additionnel pour le matériel électrique est rapidement rentabilisé : moins de pannes, des machines qui fonctionnent plus longtemps, moins de changements et rembobinages des moteurs à effectuer et meilleure valorisation de la puissance installée.

Autre élément notable faisant l'objet d'une réelle concurrence entre les entreprises : le recrutement à temps plein de techniciens qualifiés (électriciens, réparateurs de machines, manipulateurs de machines complexes, contrôleurs qualité, chauffeurs de camions, etc.). Dans la région, il n'y a pas, ou très peu, de techniciens formés, et il peut s'avérer difficile d'en recruter qui soient prêts à s'installer dans cette zone reculée face à des zones urbaines plus attractives. Fidéliser la main-d'œuvre qualifiée n'est pas chose aisée, et les entrepreneurs peuvent prendre plusieurs mesures : salaires élevés, prime supplémentaire au rendement, aménagement du temps de travail, achat de nouvelles machines pour valoriser les ouvriers, voire participation au capital de l'entreprise. Si les entrepreneurs forment, pour les tâches intermédiaires, du personnel recruté localement, la main-d'œuvre qualifiée est toujours insuffisante face à la sophistication des machines. Ce problème est amplifié par la politique gouvernementale, qui encourage les migrations vers la Malaisie ou la Corée du Sud de la rare main-d'œuvre qualifiée de ces zones de montagne.



Produits et prix de vente

X5 fabrique principalement trois sortes de produits :

– les baguettes brutes, de diamètres et longueurs variables, vendues à des finisseurs ;
– les lamelles épaisses ou fines (pour différentes sortes de parquets ou produits lamellés-collés) ;
– les déchets pré-traités à la soude (produit intermédiaire) transformés en fonction du marché jusqu'au stade de pâte à papier. Après broyage et percolation de l'eau, ils passent dans un autre bassin.

Fournisseurs

L'entreprise X5 a plus d'échanges avec les petites entreprises de la région que X3, dans la mesure où elle achète des produits déjà pré-transformés et livre les baguettes brutes à des entreprises de finition. Elle achète en outre des tiges de *Luông* de différents calibres (diamètres) et qualités (âge/maturité) à différents fournisseurs :

– les paysans producteurs de la zone (certains, proches, pouvant livrer directement à l'entreprise) ;
– les collecteurs villageois (recueillant les tiges auprès des paysans pour fournir les ateliers ou traders) ;
– les traders (disposant d'au moins un camion et pouvant fournir divers clients, locaux ou non) ;
– les entreprises de pré-transformation en baguettes brutes vendant des tronçons de tiges (pour faire des lamelles) et des déchets (pour faire la pâte à papier).

Le maintien d'un réseau stable de fournisseurs est un enjeu majeur, tandis que la sécurisation des approvisionnements est essentielle : comme X3, X5 essaie de maintenir les volumes et prix de ses approvisionnements auprès des collecteurs, même lorsque la demande du marché se tasse sensiblement.

Clients et systèmes de vente

Les systèmes de vente sont diversifiés : il y a autant de produits vendus qu'à X3, mais, contrairement à celle-ci, X5 ne vend que des produits pré-transformés écoulés sur trois marchés différents :

– les baguettes brutes sont écoulées auprès des entreprises locales de finition, en concurrence (1) ;
– les déchets déchiquetés et la pâte à papier sont vendus aux différentes entreprises de papeterie du Delta (2) ;
– les différents types de lamelles rabotées sont vendus à une entreprise du Delta en situation de monopole (3).

Le troisième système présente un fort potentiel de création de valeur ajoutée et d'amélioration du taux d'utilisation des tiges. C'est pourtant le plus problématique car l'entreprise du Delta, située à plus de 180 km, profite de sa situation de monopole pour ne payer que quand elle veut, ou peut. Les délais de paiement sont longs : les sommes dues pour une livraison ne sont versées à l'entreprise de finition que lors de la livraison de gros volumes suivante. Les sommes dues par l'entreprise de finition à X5 étaient, au moment de la rédaction de ce guide, de l'ordre de 20 000 €. X5 a récemment conditionné son investissement pour développer la production d'un nouveau produit lamellé à destination de cette usine du Delta au paiement par l'usine d'une partie des produits livrés en retard de paiement.

Valorisation des déchets

Les copeaux de baguettes, les résidus de lamelles et les nœuds (une fois broyés), qui représentent 80 % du poids initial des tiges transformées chaque mois par l'atelier, sont dirigés vers les bassins pour être pré-traités à la soude durant cinq jours. En fonction du marché, ils sont transformés ou non en pâte à papier. Cette production consomme certes l'intégralité de la matière première, mais crée une valeur ajoutée plus faible que la production de lamelles.

Stratégie d'adaptation à la demande

Selon la demande et l'évolution des prix, les différents produits sont plus ou moins rentables. En conséquence, l'entreprise X5 fait varier la proportion des produits fabriqués : baguettes de plusieurs types, lamelles de calibres variables en longueur, largeur et épaisseur, et déchets pré-traités ou pâte à papier. L'ajustement s'opère sur la quantité de bambou dirigée vers la production de lamelles rabotées et de déchets pour la pâte à papier. Cette flexibilité s'est accrue au fil du développement de l'entreprise qui, à son démarrage, était fragilisée par sa dépendance au marché de lamelles rabotées. L'acquisition de la splitteuse et des bassins de déchiquetage a élargi ses débouchés commerciaux.

Ajustements dans la production de lamelles

- si l'entreprise X5 décide de produire des lamelles épaisses (forte demande, prix élevé), elle privilégie l'achat de tronçons de tiges plutôt mâtures (> 2 ans), bien droites, avec des calibres plus grands ;
- si les lamelles demandées sont plus fines, les calibres seront moindres et X5 pourra valoriser la partie supérieure des tiges (pas uniquement les tronçons) ;
- si l'entreprise s'oriente vers la production de baguettes, elle privilégie l'achat de tiges brutes, sans exigence de maturité ou de calibre.



Ajustements dans la production de pâte à papier

– si la demande en déchets déchiquetés ou en pâte à papier est forte, ou si le prix de vente aux usines de finition est plus élevé, l'entreprise privilégie l'achat de déchets à l'extérieur (copeaux de baguettes ou nœuds) pour augmenter sa production ;
– l'entreprise achète également des déchets à l'extérieur si une plus grande proportion de tiges brutes est utilisée pour produire des lamelles, car leur fabrication produit moins de déchets que celle des baguettes ;
– lorsque le prix relatif des déchets déchiquetés et de la pâte à papier est faible, le procédé s'arrête à la première étape. Lorsque les prix augmentent, l'entreprise a intérêt à aller jusqu'à l'étape suivante (pâte à papier) pour dégager une marge plus élevée.

Perspectives

L'entreprise ne dispose pas de séchoirs. Or, ceux-ci apporteraient une plus grande marge de manœuvre en facilitant la conservation, le stockage, et la finalisation des différents produits. Ils pourraient être alimentés avec des déchets (nœuds par exemple) et seraient moins coûteux. L'absence actuelle de finition des produits limiterait toutefois la valorisation d'un tel équipement.

M. B. et ses associés envisagent d'investir dans la construction d'un séchoir qui pourrait, si leur capacité d'investissement l'autorise, être alimenté par une chaudière à vapeur. Le coût de ce type de chaudière (de 5 000 à 10 000 €) varie en fonction de sa capacité (de 200 à 1 000 kg pour celles installées dans la région de Thanh Hoa) et de ses accessoires. Cet investissement augmenterait l'efficacité tout en diminuant les coûts de combustibles (utilisation des nœuds qui sont actuellement transformés en pâte à papier). Les séchoirs permettraient de produire des lamelles rabotées séchées, plus facilement conservables, vendues à un prix potentiellement plus élevé. Un tel investissement constitue une première étape pour la mise en place d'une unité de production de baguettes finies.

Après avoir agrandi le terrain, les responsables de X5 envisagent à l'heure actuelle d'y construire le séchoir. Ils pensent également pouvoir coopérer avec une entreprise du Delta qui produit des articles artisanaux à partir du *Luông*, en lui fournissant des lamellés-collés bruts, séchés sur place.

Entreprise de transformation TXT

Dans cette troisième étude de cas, nous nous concentrerons sur l'entreprise TXT, intéressante pour sa dynamique de développement et sa capacité d'innovation. Elle a été fondée en 2010 par M. S., auparavant coordonnateur d'un projet du Gret pour le développement de la filière bambou.



Vue aérienne de l'entreprise TXT. Aurélie Vogel, Gret.



Hangars de stockage et de tri des tiges thermotraitées. Aurélie Vogel, Gret.



Carbonisateur et chaudière. Aurélie Vogel, Gret.

Un objectif d'innovation et de formation

L'usine TXT élabore des produits innovants pour la zone à partir de procédés utilisés dans d'autres régions d'Asie (Indonésie, Thaïlande et Chine) : meubles simples, tiges thermo-traitées et charbon de bambou pour l'exportation. Le choix de ces produits vise plusieurs objectifs :

– valoriser et former les artisans locaux : faute de main-d'œuvre qualifiée sur place, l'entrepreneur doit faire appel à des artisans du Delta pour améliorer la qualité de la production. Il veille à faciliter les échanges entre les artisans ou micro-entrepreneurs locaux pour les aider à gagner en compétences et en revenus ;
– tester et développer d'autres procédés et produits afin de sortir de la monoproduction locale à faible valeur ajoutée (baguettes brutes, pâte à papier). Les tiges thermo-traitées sont utilisables pour fabriquer plusieurs produits ;
– favoriser une meilleure gestion (durable) des plantations en n'achetant que des tiges mâtures et en offrant une prime à la qualité ou aux coupes respectant l'esthétique du bambou.



Les premiers pas

› Le choix du procédé de thermo-traitement

L'entrepreneur a choisi un procédé nouveau dans la zone : le thermo-traitement ou « carbonisation » des tiges (voir la fiche n° 2 page 73). En plus du Gret, il collabore avec l'Union européenne dans le cadre du projet Spin (*Sustainable Product Innovation*) et avec l'université polytechnique (VNCPC, *Vietnam Clean Production Center*), qui lui ont fourni un appui technique et financier pour la mise au point d'un carbonisateur.

› Une mise au point progressive du procédé de thermo-traitement

Les premiers essais de thermo-traitement, réalisés en août 2011 en période de mousson, s'avèrent difficiles du fait du taux d'humidité élevé de l'air (80 à 90 %). Après plusieurs essais, l'entrepreneur sélectionne un procédé optimal entre le coût de production et la qualité des tiges thermo-traitées obtenues, processus qui inclut le lavage et le séchage des tiges après carbonisation. Un séchoir a été construit, utilisant l'énergie résiduelle de la chaudière à vapeur pour diminuer l'hygrométrie des tiges, technique alternative à l'ébouillantage. Si ce dernier facilite la diffusion des insecticides naturels dans les tiges (jatropha, autres huiles végétales), il reste plus coûteux et requiert beaucoup de temps. Il présente en outre l'inconvénient d'humidifier les tiges, rendant leur conservation encore plus difficile compte tenu du climat.

Au cours du processus empirique de mise au point du procédé, des compromis ont dû être faits :

- des trous sont percés dans chaque entre-nœud des tiges pour réduire les différences de pression entre l'intérieur des chambres (entre-nœuds) et l'extérieur. Parce que des trous de plus de 8 mm seraient plus performants mais peu esthétiques, l'entreprise a décidé de limiter leur diamètre de 3 à 5 mm. De nouveaux clients ont demandé de forer les tiges longitudinalement pour améliorer l'esthétisme (les trous ne sont alors plus visibles) ;
- une rapide montée en température et en pression, suivie d'une chute rapide (moins d'une heure à chaque fois), permet de gagner du temps et de procéder à un ou deux cycles supplémentaires par jour. Cependant, ces évolutions trop rapides provoquent des « explosions » et fissurent les tiges : il faut donc trouver un équilibre entre les impératifs économiques et les exigences de qualité, tout en limitant les tiges endommagées qui ne passeraient pas le contrôle qualité ;
- même chose pour le séchage : il faut descendre à un degré d'hygrométrie satisfaisant pour la conservation. *A contrario*, un séchage trop appuyé provoque la fissuration des tiges.



La gestion des approvisionnements est également une affaire de compromis. Si l'entrepreneur attend d'avoir des commandes pour acheter les tiges aux producteurs, les délais de livraison peuvent être trop longs pour satisfaire la demande de l'acheteur. La récolte des tiges de qualité est plus longue, car la coupe au niveau des nœuds doit être nette et les bambous transportés sur l'épaule au lieu d'être traînés sur le sol, afin d'éviter les raclures sur l'extérieur. Au contraire, s'il anticipe l'achat de gros volumes de tiges, la durée de stockage avant carbonisation peut réduire leur qualité, surtout s'il se fait à l'extérieur. Deux ans après la mise au point du procédé et la fabrication des premières tiges thermo-traitées, TXT fait toujours face à un problème de moisissures noires qui recouvrent les tiges thermo-traitées après un ou deux mois d'exposition à l'air libre. Pour trouver une solution, un protocole d'essai a été mis en place en 2012, avec l'appui d'un expert du FCBA (Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement) et d'une stagiaire. Différents traitements des tiges ont été testés : thermo-traitement ou trempage, cuticule en l'état ou poncée, tiges intègres ou fendues, en l'état ou recouvertes de vernis ou d'huile de lin. Il en ressort que, pour les utilisations à l'extérieur sans protection par un toit ou un auvent, les meilleurs traitements sont le ponçage, avec une ou deux couches de lasure (protection non filmogène) ou d'huile de lin. Lorsque ces produits, ainsi qu'un vernis, sont posés directement sur la cuticule en l'état, ils se décollent au bout de quelques mois et n'assurent plus leur protection.

Jusqu'ici, TXT a pu exporter une dizaine de conteneurs de vingt pieds, ce qui n'en fait pas une activité rentable mais contribue à développer l'entreprise et sa crédibilité. Comparés au bambou chinois *Phyllostachys pubescens*, les bambous *Luông* thermo-traités ont globalement donné satisfaction aux acheteurs européens. Mis à part le problème de moisissure qui se pose à tous les bambous exposés à l'extérieur, ils en ont apprécié l'épaisseur, le bel aspect extérieur, la rectitude et la quasi-absence de fissures.

Diversification

À partir des tiges thermo-traitées, l'entreprise teste la fabrication de meubles simples, de kiosques de jardin et d'autres petites constructions. Ces produits ne sont actuellement pas fabriqués dans la zone. Pour pallier l'absence locale de main-d'œuvre qualifiée, TXT a collaboré avec des menuisiers du Delta. Si ces derniers acceptent de se déplacer, ils le font uniquement en échange de salaires assez élevés qui augmentent alors les coûts de production. TXT est donc à la recherche de commandes suffisantes en volume pour se lancer dans cette production, et forme en parallèle des artisans locaux.

› Un avenir encore incertain

Des produits prêts à être fabriqués sont en attente d'un investisseur ou d'un acheteur. Durant la période d'attente, TXT a réussi à vendre des produits dérivés : poteaux pour illuminer les terrains de golf, solives pour les charpentes ou les planchers des maisons sur pilotis. Le développement en parallèle d'une activité d'élevage

a permis de valoriser les bambous thermo-traités de moindre qualité esthétique en les transformant en poteaux, en cloisons et en matériels de charpente pour les poulaillers.

D'autre part, l'entrepreneur manque de moyens financiers pour constituer un stock de produits « d'avance ».

Recherche de clients

L'entrepreneur a bénéficié d'un appui du Gret pour la recherche de clients et a trouvé des débouchés auprès d'une dizaine de clients européens. L'appui du Gret portait sur la mise en relation avec les acheteurs, la négociation des contrats et les formalités d'envoi du conteneur jusqu'au site de production. Le prix de vente a permis à TXT de dégager une marge de 30 à 35 % environ.

Relations avec les producteurs

› Des prix attractifs et des critères de qualité

L'entreprise a dû tisser des liens privilégiés avec les paysans pour se faire livrer du bambou de qualité pour le thermo-traitement : âge minimum requis, différents diamètres, chaumes non fendus ou abîmés aux nœuds, non tirés par les buffles, non courbés, assez épais, etc. M. S. a affiché une mercuriale donnant un prix pour chaque produit, avec les priorités et les primes lorsque le bambou possède le calibre et les qualités esthétiques recherchées par les clients.

Le contrôle qualité des tiges brutes à l'arrivée à l'entreprise est une étape essentielle et doit tenir compte des critères de sélection des clients. TXT étudie la possibilité de sélectionner les tiges directement dans les plantations, quitte à payer aux producteurs un prix un peu plus élevé.

› Une activité d'élevage en synergie avec la transformation du bambou

Valorisant son expérience antérieure dans sa région d'origine, le directeur de TXT a de nouveau décidé de lancer une activité parallèle d'élevage – notamment de volailles – et il est aujourd'hui en mesure de conseiller les paysans sur cette production. On peut y voir une source de revenu stable lui laissant une marge de manœuvre suffisante pour prendre le risque d'innover. Il bénéficie en outre de deux débouchés très différents : le marché local pour l'élevage et le marché urbain (voire international) pour le bambou.

L'élevage et l'activité de services aux paysans répondent à un important besoin local, car jusqu'alors les volailles devaient être importées du Delta, situé à environ 100 km.

L'entrepreneur considère qu'il existe une synergie entre l'élevage de volailles et l'achat de bambous. En effet, la construction de bâtiments d'élevage, et particulièrement les poulaillers, valorise bien les tiges thermo-traitées qui n'ont pas les qualités



esthétiques suffisantes pour l'exportation. Par ailleurs, les producteurs de bambou peuvent réinvestir l'argent de la vente des tiges dans l'achat de poussins ou canetons de qualité et bénéficier de conseils techniques sur l'élevage.

M. S. espère que les revenus de l'élevage rendront, à long terme, la santé de la trésorerie des producteurs moins dépendante de la vente des tiges, et qu'ils aideront ces derniers à faire face aux urgences et à gérer durablement leurs plantations.

Production de charbon semi-actif

Pendant plusieurs années, le Gret et la Coopérative de développement rural (CRD), ONG locale partenaire, ont mené des activités de recherche et de développement de production de charbon semi-actif à partir des déchets de bambou. De nombreuses références techniques ont été obtenues et un travail significatif de recherche de clientèle a été réalisé. Cependant, malgré les nombreuses visites d'acheteurs étrangers sur la zone, les ventes de produit n'ont pas dépassé les dix tonnes et aucun conteneur entier n'a pu être exporté.

Le principal facteur limitant n'a jamais été les marchés (nombre de clients et volume de produits) ou le prix, mais la capacité de produire de grandes quantités de charbon de bambou pour pouvoir exporter plusieurs conteneurs par mois vers le Nord-Est asiatique. Plusieurs Japonais se sont rendus dans la zone mais ont jugé les capacités de production en volume, largement insuffisantes pour satisfaire leur demande.

Un groupe sino-japonais a néanmoins pris contact avec M. S. pour lui proposer d'acheter de grandes quantités de charbon de bambou pour exporter sur le marché japonais. Cette offre est plus intéressante que les précédentes car, en plus d'un contrat d'achat de 40 tonnes par mois, le groupe propose :

- un appui technique à la construction des fours et à la réalisation des premiers cycles de combustion ;
- une participation financière (paiement des briques) à la construction des fours ;
- la mise à disposition d'équipements de broyage, criblage et ensachage ;
- la fourniture de tous les matériels d'emballage (sachets, sacs, cartons, etc.) ;
- l'appui futur à une production supplémentaire (petites lamelles pour la fabrication de baguettes japonaises) de façon à assurer la rentabilité de la production de charbon de bambou.

Inhabituel dans la zone, ce contrat se singularise par la co-responsabilité du groupe acheteur qui investit avec l'entrepreneur local en avançant une somme pour construire les fours et produire le charbon. En effet, en ne réglant généralement pas les livraisons au fur et à mesure, les clients du delta du fleuve Rouge posent plus de problèmes en termes de trésorerie qu'autre chose. Ce contrat représente le « chaînon manquant » entre les capacités limitées de TXT à investir et à produire des gros volumes et les commandes de volumes imposants.



Jusqu'ici, une quinzaine de fours ont été construits et, après plusieurs dizaines de cycles de combustion, plus de trente tonnes de charbon produites ; les équipements promis par les Japonais ont fini par arriver. M. S. se concentre désormais sur la maîtrise des techniques de construction et de combustion ainsi que sur la gestion de son équipe. Il tient à atteindre une efficience « charbon produit/matière première » élevée, déterminante pour la rentabilité et l'avenir de la production.

Ce contrat, s'il est un succès, va permettre à l'entreprise d'emprunter à la banque et d'obtenir un terrain dans la zone industrielle du district. Il va générer une crédibilité auprès des autorités et des autres entreprises et offrir une alternative à l'écoulement de déchets, au cas où la production de pâte à papier ne serait plus autorisée. Pour le moment, plusieurs acheteurs japonais et une demi-douzaine d'intermédiaires ont déjà pris contact directement avec lui.

Perspectives

M. S. souhaite regrouper, en parallèle de son activité de production, les petits ou néo-entrepreneurs en une pépinière d'entreprises (ou de micro-entrepreneurs) de transformation et d'artisanat du bambou. Son hypothèse est, qu'en se regroupant, ces entreprises pourraient diversifier leur production avec des produits à plus fortes valeurs ajoutées et répondre à une demande en produits de qualité sans être limitées par les contraintes de volume et de trésorerie.

Enseignements à tirer des études de cas

Ces trois études de cas illustrent bien les principales caractéristiques des ateliers de pré-transformation et de fabrication de produits simples aux abords des zones de production.

Tout d'abord, tous les entrepreneurs sont originaires de la zone ou bien s'y sont installés depuis plusieurs années. Leur trajectoire d'évolution se caractérise par le développement d'une production de base, suivie d'une augmentation progressive du volume produit qui s'accompagne d'une diversification progressive des produits. Cette diversification est à la fois une stratégie d'adaptation aux fluctuations des marchés et une façon d'augmenter le taux d'utilisation des tiges.

Ils font également preuve de capacité d'innovation en développant des produits qui dégagent localement une plus forte valeur ajoutée : baguettes de haute qualité pour les Japonais dans le cas de X3, production de lamelles pour X5 et développement du charbon de bambou pour des clients du Nord-Est asiatique avec TXT.



Une variété de produits transformés

Utilisations traditionnelles

Depuis très longtemps, les tiges entières de *Luông* et autres bambous géants, ou des parties de tiges, sont utilisées de façon traditionnelle pour des usages multiples.

Utilisation directe de la tige entière

En Asie du Sud-Est, les usages traditionnels des tiges entières sont multiples. Ils concernent en grande partie la construction des maisons : maisons entières, cadres de portes et de fenêtres, solives des toitures, renforcement des toits de palme contre les tempêtes, etc. Dans la construction, les tiges sont couramment employées en grande quantité comme étais, échafaudages et échelles. Elles servent de pieux pour les fondations en zones peu stables et pour le renforcement des digues, des berges de rivières ou des canaux, et même parfois en front de mer. Les grandes tiges sont valorisées comme poteaux téléphoniques ou comme poteaux électriques des réseaux secondaires dans les rizières.

Les tiges entières servent également de gouttières ou de conduites pour acheminer, notamment en zones de montagne, l'eau potable depuis les sources ou les ruisseaux jusqu'aux habitations. Elles sont également utilisées pour l'irrigation de rizières. En montagne, où les rizières sont pratiquées en terrasses, les clayonnages de bambou renforcent la base inférieure des diguettes fragilisées par les écoulements en saison de mousson.

À noter quelques utilisations moins répandues mais non moins spectaculaires : norias ou roues à eau subsistant dans les zones de montagne (dont certaines font 4 à 5 m de diamètre), ou cages pour l'élevage de poissons dans les lacs ou rivières. De grands radeaux de bambou (plusieurs milliers de tiges) sont assemblés pour être déplacés sur de grandes distances. Ils sont dirigés par des godilles et gouvernails en bambou. Enfin, il faut citer l'usage d'arceaux à trois bambous harnachés sur les camions pour protéger leurs cargaisons des fils électriques situés au-dessus des

routes, ou encore des usages qui tendent à disparaître, tels que les tiges disposées entre deux vélos pour former une civière ou un porte-meubles.

Noria en bambou. Patrice Lamballe, Gret.

Utilisation d'une partie de la tige

La majorité des produits issus de parties des tiges sont des produits en lamelles tressées : panneaux à base de nattes tressées et compressées servant de cloison souple ou de second plafond, lamelles épaisses tressées servant de trame interne pour les murs ou cloisons de maisons « en torchis », tiges éclatées de gros bambous servant de plancher pour les maisons sur pilotis, nattes et panneaux faits à partir de la cuticule de la tige pour construire les simples abris, étables et enfin petits bateaux ou pirogues en nattes tressées et calfatées au mortier de ciment.

Les lamelles de différentes tailles servent à la confection de paniers ou de cages pour le transport de cochons ou de volailles. Notons également que l'axe central



de la balancelle – principal moyen de transport à dos d'homme ou de femme de la région –, est constitué d'une partie de tige lui conférant à la fois souplesse et résistance.

Des portions de tiges peuvent également être utilisées pour la fabrication de produits d'usage courant comme des pipes à eau ou des contenants pour le riz (en bouchant l'une des extrémités de la tige), tandis que les nœuds peuvent servir de cendriers.

Produits à base de tiges non fendues

Le bassin de production du Nord-Vietnam exporte encore aujourd'hui vers le Delta et les villes du Nord près de 50 % des tiges récoltées à l'état brut (tige entière, sans aucune transformation).

La première fiche (Fiche 1 : Tiges à l'état brut) fournit les principaux éléments techniques et organisationels de cette filière liée à la vente des tiges brutes, qui crée certes peu de valeur ajoutée mais constitue actuellement l'un des principaux débouchés des tiges produites.

La deuxième fiche (Fiche n° 2 : Tiges thermo-traitées ou carbonisées) explicite le procédé de thermo-traitement, traitement visant à réduire la sensibilité des tiges aux attaques parasitaires et à l'humidité. Traditionnellement, les tiges brutes sont trempées sur place pour servir à la fabrication des maisons, des solives de toits ou planchers souples des maisons sur pilotis. Cette technique est efficace, mais polluante et encombrante. De plus, les délais de trempage (plus de six mois) freinent la réactivité aux demandes des clients. Cette fiche s'appuie sur l'expérience acquise par l'entreprise TXT (voir étude de cas page 50) qui procède au thermo-traitement des tiges brutes en utilisant une chaudière à vapeur et un carbonisateur.

Les fiches suivantes n° 3 et n° 4 (Fiche n° 3 : Meubles simples en tiges thermo-traitées ; Fiche n° 4 : Petites constructions) décrivent les processus de fabrication de meubles simples et de petites constructions.

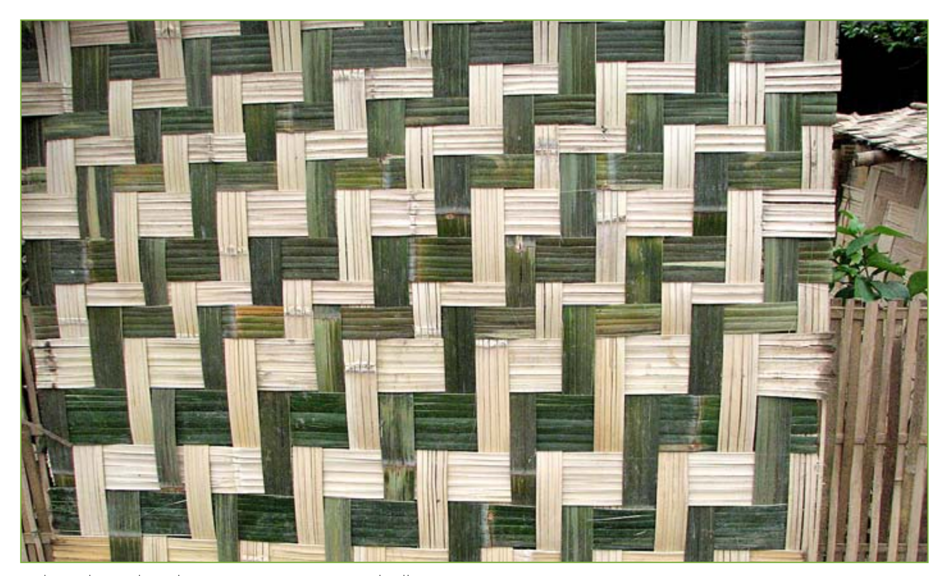
Produits effilés ou laminés

Au Nord-Vietnam, la transformation semi-industrielle du *Luông* a commencé avec la production de produits effilés : les baguettes, qui représentent aujourd'hui 95 % des tiges transformées, les bâtons d'encens, les bâtons à glaces ou les piques. Grâce à un procédé efficace, bien que très rudimentaire, les petits ateliers produisent des baguettes brutes avec un nombre limité de machines. Un quart de ces ateliers s'est développé afin de produire des volumes susceptibles d'être exportés et passer à des produits finis plus élaborés grâce aux équipements de séchage et de transformation complémentaire. La fiche n° 5 (Fiche n° 5 : Baguettes brutes et baguettes

finies) est consacrée aux baguettes brutes et finies et la fiche 6 aux piques et bâtons (Fiche n° 6 : Piques et bâtons).

À partir de 2005, l'augmentation de la demande en produits laminés et l'installation de plusieurs usines de parquets dans le Delta ont amené certains ateliers à produire des lamelles brutes, puis rabotées, pour la fabrication de parquets. Cette production concerne aujourd'hui près de 5 % des tiges transformées localement. La production de lamelles s'est faite de façon intégrée avec celle de baguettes car elle valorise la partie inférieure des tiges, un peu plus larges, et surtout plus épaisses. La fiche n° 7 porte sur les lamelles de parquet brutes et rabotées (Fiche n° 7 : Lamelles de parquets brutes et rabotées).

Il y a quelques années, un produit de pré-transformation intermédiaire est apparu : la lamelle fine tressée en natte servant à fabriquer du contreplaqué. Ce produit relève d'une autre technologie et facilite un meilleur taux d'utilisation de la tige que les lamelles et baguettes. Il est décrit dans la fiche n° 8 (Fiche n° 8 : Lamelles tressées pour panneaux de contreplaqué).



Palissade en bambou tressé. Patrice Lamballe, Gret.

La technologie de production du contreplaqué, un peu moins compliquée que celle du parquet, devrait permettre aux ateliers situés près des plantations d'intégrer l'ensemble des processus de transformation et de commercialisation d'un produit fini générant au plan local une valeur ajoutée plus élevée : les lamelles tressées et le contreplaqué font l'objet d'une cinquième fiche.

Enfin, le parquet en lamelles est présenté dans la fiche n° 9 (Fiche n° 9 : Parquet en lamellé-collé), dernière fiche sur les produits effilés ou laminés.



Valorisation des sous-produits et déchets

Les procédés de pré-transformation produisent une grande quantité de déchets (sciure, copeaux), et de nombreuses parties des tiges ne sont pas utilisées (parties inférieures et supérieures plus ou moins grandes en fonction des produits, nœuds, etc.). La production de baguettes n'utilise par exemple pas plus de 30 % du volume des tiges.

Il existe de nombreuses possibilités de valorisation des parties non utilisées et des déchets : par des procédés industriels d'une part, qu'il s'agisse de procédés couramment utilisés ou récemment développés, ou encore par des débouchés dans les filières agricoles et d'élevage. Il faut donc considérer d'emblée les déchets et parties non utilisées comme des matières premières à valoriser pour augmenter le taux d'utilisation des tiges.

L'introduction de la technique de déchiquetage à la soude des déchets, puis leur transformation en pâte à papier, ont évité, rien que pour le district de Quan Hoa et les communes environnantes, de brûler 300 tonnes de résidus industriels de bambou par jour. Mais cela a eu pour conséquence de fortement polluer le fleuve en plus d'avoir un effet négatif sur la gestion des peuplements de bambou. Du fait de leur incidence négative sur l'environnement, ces procédés ne sont pas présentés dans cet ouvrage.

Différentes solutions, pour le moment toutes expérimentales et peu significatives, ont été testées de façon à diminuer les volumes brûlés et/ou transformés en pâte à papier. Une première série de tests a porté sur la fabrication de briquettes compressées combustibles, présentée dans la fiche n° 10 (Fiche n° 10 : Briquettes de sciure compressée combustible). Les deux fiches suivantes (Fiche n° 11 : Charbon combustible ; Fiche n° 12 : Charbon semi-actif) rendent compte des essais et résultats obtenus pour la production de charbon combustible et de charbon semi-actif. Une dernière fiche (Fiche n° 13 : Vinaigre) décrit l'état d'avancement de la production de vinaigre de bambou.

Valorisation des déchets de la transformation industrielle

Nous allons ici faire un point rapide sur les possibles usages des différentes parties de tiges non utilisées par les processus de transformation industrielle et par les différents déchets générés au cours de ces procédés de fabrication. Nous distinguerons les déchets grossiers, ou de moyen volume, des déchets fins (sciures ou fibres) pour lesquels les utilisations sont assez différentes.



Déchets grossiers ou de moyen volume

Déchets grossiers	Utilisation(s) principale(s)
Extrémités de tiges apportées aux usines	Bois de feu, combustible pour séchoirs
Souches, bases de tiges et nœuds de la base	Charbon de bambou (pour combustible ou charbon semi-actif)
Nœuds	Combustible pour séchoirs ou fours à charbon
Souches, nœuds et extrémités broyés	Pâte à papier
Déchets de baguettes (copeaux)	Matière première principale pour la fabrication de pâte à papier
Copeaux de baguettes (si possible fins)	Paillage grossier à mettre au pied des arbres fruitiers
Déchets de lamelles (pour parquets)	Charbon de bambou, combustible ou pâte à papier

Déchets fins, fibres et sciures

Déchets fins	Utilisation(s) principale(s)
Tous déchets de moyenne ou petite taille	Pâte à papier (en faible proportion / déchets grossiers)
Petits déchets fins, sciure (faible proportion)	Combustible pour gazéificateur (et pour faire du biochar)
Sciure criblée et séchée	Fabrication de briquettes, cylindres de sciure pressée
Sciure criblée, séchée et étuvée	Production de champignons (*Auricularia Pollytricha*, localement appelés « oreilles de souris », pleurotes, etc.)
Sciure de bambou	Amendement organique (compost si mélangé à feuilles vertes)
Particules très fines, tamisées	Intégrées sur les baguettes à souder
Fibres (issues du polissage des baguettes)	Fabrication de plaques d'isolants thermiques ou acoustiques
Fibres (issues du polissage des baguettes)	Briques non cuites et (avec argile et chaux) enduit « provençal »



Quelques procédés (industriels) de transformation des déchets

- production de déchets déchiquetés puis transformation en pâte à papier et en papier ;
- production de charbon de bambou servant comme combustible (voir fiche n° 11 page 157) ;
- fabrication de charbon semi-actif, puis éventuellement actif (voir fiche n° 12 page 167) ;
- fabrication de briquettes à partir de différentes sciures, voire de charbon (voir fiche n° 10 page 149) ;
- valorisation de la poussière ou poudre de charbon pour en faire du charbon reconstitué (petits cylindres en forme de pot de yaourt pour les barbecues ou de nid d'abeille pour les braseros) ;
- poudre de charbon comme désinfectant, filtre-écran ou amendement organique ;
- utilisation du biochar pour l'amélioration des sols et la séquestration du carbone (prospectif) ;
- fibres de bambou avec argile et chaux pour enduit utilisé comme régulateur bioclimatique.

La pâte à papier, bien que fabriquée dans de nombreux ateliers de la zone, n'est pas présentée du fait de la non-maîtrise des impacts environnementaux des procédés actuels.



Typologie des produits

Type de transformation	Produit présenté	Stade de développement de la production	Importance en volume	Nombre d'entreprises concernées (sur un total d'une trentaine)
Bambou restant sous forme de tige non fendue (forme cylindrique)	Tiges à l'état brut	Le plus commun	Environ 50 % des bambous récoltés dans la zone	Travail principal des collecteurs et traders
	Tiges thermo-traitées (ou carbonisées)	Nouveau dans la zone (en production depuis 2 ans)	0,5 % par bambou récolté (bambous de qualité)	1 entreprise récemment arrivée dans la zone
	Meubles simples en tiges thermo-traitées	Nouvellement essayé dans la zone	Très faible	1 entreprise, travaillant quelques mois par an
	Petites constructions (maisons, kiosques, etc.)	Idem	En démarrage	1 entreprise, la même, débute actuellement
Transformation totale du bambou en produits effilés ou laminés	Baguettes brutes et baguettes finies	Le plus commun (avec les tiges brutes)	95 % des bambous transformés sur place	30 entreprises (25 %/baguettes finies)
	Piques, bâtons d'encens	Assez commun	?	6 entreprises
	Lamelles brutes et lamelles rabotées	Assez commun (8 années)	4 à 5 % des bambous, en commun avec baguettes	3 entreprises, de façon intermittente
	Lamelles tressées pour faire du contreplaqué	Assez commun (5 années)	1 % des bambous	1 entreprise produisant des lamelles tressées
	Parquet en lamellé-collé	Le plus connu en Europe	Idem	1 entreprise du Delta
Valorisation des déchets et des sous-produits	Briquettes de sciure	Expérimental dans la zone	Expérience menée par le Gret	Aucune
	Charbon servant de combustible	Expérimental dans la zone	Expérience menée par le Gret et 2 entreprises	2 entreprises
	Charbon utilisé en semi-actif	Expérimental dans la zone	Idem	Idem
	Vinaigre	Expérimental dans la zone	Expérience menée par le Gret	Aucune



Avantages et limites de chaque type de produit

Produit présenté	Fabricable sur place (facilement)	Investissement requis	Création d'emplois et niveau technique (NT)	Impact sur l'environnement	Marchés actuels et potentiels	Valeur ajoutée	Niveau de risque pris
Tiges exportées de la zone sous forme brute	Oui, et aussi par les producteurs	Aucun (avance pour achat)	Faible (pas de valeur ajoutée), NT faible	Négatif : transports et si tiges trop jeunes	Grands volumes	-	Très limité
Tiges thermo-traitées (ou carbonisées) (TT)	Oui, si assez gros investissement	Moyen à élevé	Assez élevée NT moyen	Positif : non trempage, non produits, âge tiges	Marché de niche Potentiel assez élevé	* * *	Assez élevé si part de zéro
Meubles simples en tiges thermo-traitées	Oui, si main-d'œuvre qualifiée	Moyen, si tiges thermo-traitées	Élevée NT moyen à assez élevé	Positif, bonne valorisation tiges TT	Demande locale Potentiel élevé	* * * *	Moyen, si tiges TT sur place
Petites constructions (maisons, kiosques…)	Oui, si main-d'œuvre qualifiée	Moyen, si tiges thermo-traitées	Assez élevée NT moyen à assez élevé	Positif, bonne valorisation tiges TT	Marché de niche Potentiel assez élevé	* * * *	Moyen, si tiges TT sur place
Baguettes brutes	Oui, facilement	Faible, si pas de pâte à papier	Moyenne NT faible à moyen	Négatif : tiges jeunes, énormes déchets	Grands volumes, marché stagnant	*	Limité mais peu rentable
Baguettes finies	Oui	Élevé	Assez élevée NT moyen	Déchets limités Surtout séchage	Élevés si exporte directement	* * *(*)	Moyen et assez rentable
Piques, bâtons d'encens	Oui	Faible	Assez élevée NT moyen	Déchets moyens	Moyens	* *	Limité
Lamelles brutes et lamelles rabotées	Oui, assez facilement	Moyen	Assez élevée NT faible à moyen	Positif, si vient en complément de baguettes	Subit monopoles Potentiel assez élevé	* *	Assez élevé si produit unique
Parquet en lamellé-collé	Non, actuellement (lamelles uniquement)	Très élevé	Élevée NT moyen à élevé	Peu de déchets mais utilisation de produits chimiques	Élevés si exporte direct + certificat	* * * * *	Très élevé si part de zéro



Avantages et limites de chaque type de produit (suite)

Produit présenté	Fabricable sur place (facilement)	Investissement requis	Création d'emplois et niveau technique (NT)	Impact sur l'environnement	Marchés actuels et potentiels	Valeur ajoutée	Niveau de risque pris
Lamelles tressées pour faire du contreplaqué	Oui, assez facilement	Moyen	Élevée NT faible à moyen	Positif : tiges de 2 à 3 ans, 60 % de valorisation de la tige	Subit monopoles Potentiel élevé	* * *	Assez élevé car produit non fini
Briquettes de sciure	Oui	Faible à moyen	Moyenne NT moyen	Coûteux en énergie	Difficile à cerner	* *	Moyen
Charbon de bambou servant de combustible	Oui, si four(s) construit(s)	Faible à moyen	Moyenne NT faible à moyen	Moyen, voire positif (ensemble du système)	Actuel limité Potentiel élevé	* *	Limité par les moyens (nombre de fours)
Charbon de bambou utilisé en semi-actif	Oui, si four(s) construit(s)	Faible à moyen	Moyenne (élevée si paniers) NT moyen	Plutôt positif comparé au bois et aux déchets	Marchés élevés manque capital	* * *	Limité par les moyens (nombre de fours)
Vinaigre de bambou	Oui, si four(s)	Faible à moyen	Faible NT faible	Positif : moins de rejets	Potentiel élevé	* * *	Sous-produit



Fiches techniques

Cette partie présente treize produits de pré-transformation du bambou géant, regroupés en trois grands groupes :

– Les produits à base de tiges non fendues, gardant leur forme cylindrique ;

– les produits effilés ou laminés venant d'une transformation totale des tiges ;

– les produits de valorisation des sous-produits ou déchets.

Produits à base de tiges non fendues

Produits effilés ou laminés

Valorisation des sous-produits



FICHE N° 1

Tiges brutes

Ce sont des tiges vendues à l'état brut par les producteurs ou collecteurs aux ateliers et négociants de la région. Elles sont soit utilisées sans transformations ni contraintes de taille, d'épaisseur, de poids ou d'âge dans le domaine de la construction pour les étais, les échelles et pour renforcer les digues ou les bords de routes, soit transformées par les ateliers. Leur prix varie essentiellement en fonction de leur calibre ou de leur poids.

Préparation de la matière première

Le diamètre des tiges brutes varie de 6 à 11 cm et le choix du calibre est déterminé par l'usage des tiges. L'âge de la tige importe peu pour la construction, mais les tiges jeunes sont préférées pour leur belle couleur verte. La plupart des usages ne nécessitent pas de traitement. Pour les usages à long terme, comme les charpentes des maisons, les tiges doivent être trempées dans l'eau durant quatre à six mois en traitement préventif contre les insectes.

Espèces principalement utilisées

- *Luông* (*Dendrocalamus barbatus*) pour les échafaudages, les étais, les fondations des maisons et le renforcement des digues ;
- *Tre* (*Bambusa sp*) pour les barrières et les piliers de fondations de maisons.

Collecte et première transformation

Avant de couper les tiges, on retire les feuillages et les petites branches à la base. Il faut choisir la direction vers laquelle la tige va tomber, de façon à éviter qu'elle ne tombe sur d'autres tiges et ne les endommage. Cela est d'autant plus important en saison des pousses afin de ne pas abîmer ces dernières.

Les tiges sont coupées à la base, près du sol, ou entre 10 à 20 cm de celui-ci. On coupe d'abord un tiers de la section de la tige, dans la direction vers laquelle on souhaite la faire tomber, puis le reste dans la direction opposée, et on pousse la tige vers la direction voulue.

Toutes les branches et les feuilles de la tige sont ensuite retirées, puis la cime de la tige, soit les 3 à 5 derniers mètres, là où le diamètre est inférieur à 6 cm environ.

Paramètres techniques et économiques

Exemple de répartition de la marge brute générée par la vente d'une tige brute

Prix payé par	Prix pour une tige de 10 cm de diamètre
Le collecteur au paysan	17 à 20 000 VND = 0,64 à 0,75 €
Le revendeur au collecteur	25 000 VND = 0,94 €
L'acheteur final (entreprise ou particulier) au revendeur pour une distance limitée, ne dépassant pas 100 km	32 à 34 000 VND = 1,20 à 1,28 €

Source : enquêtes réalisées par le Gret au Nord-Vietnam en mai 2012.

Marge brute	Prix	Payé par
Marge brute du revendeur : 0,27 à 0,34 €/tige	1,20 à 1,27 €/tige	Prix payé par l'entreprise au revendeur
Marge brute du collecteur : 0,18 à 0,29 €/tige	0,93 €/tige	Prix payé par le revendeur au collecteur
Marge brute du producteur : 0,64 à 0,75 €/tige	0,64 à 0,75 €/tige	Prix payé par le collecteur au paysan.

Attention : les prix sont fixés en fonction de la distance à parcourir du lieu de production au lieu de réception (de quelques kilomètres à plusieurs dizaines).

Les tiges sont acheminées par camion. Une tige récemment récoltée pèse en moyenne entre 20 et 25 kg : un chargement, qui compte entre 500 et 1 000 tiges selon leurs calibres et la taille du camion, peut facilement atteindre 15 à 20 tonnes.

À noter que, au Nord-Vietnam, le coût du transport (en différenciant le transport local vers les ateliers et le transport vers d'autres régions) comprend le prix du chargement dans le camion et dépend de la quantité de tiges (au minimum 50 pour un transport local vers les ateliers ou traders). Il est de l'ordre de 2 000 VND (0,08 €) par tige par tronçon de 10 km, mais il décroit en fonction de la distance : plus elle augmente, moins le prix au kilomètre est élevé, sans quoi le coût de transport sur de grandes distances (100 à 200 km) serait supérieur au prix de vente des tiges.



Variantes du produit

La longueur des tiges atteint dix mètres pour les plus gros diamètres. Parfois, elles sont transportées par tronçons de deux ou trois mètres. Cette longueur est suffisante pour servir comme étais dans les constructions, renforcer les fondations des habitations ou encore les portions de berge. Les tiges de moins de 60 mm de diamètre sont moins recherchées et peu exportées en dehors de la zone de production. Elles peuvent cependant servir de piquets. Au Vietnam, dans la zone côtière, elles servent à maintenir les filets extérieurs dans les bassins d'élevage de crevettes.

Commercialisation et marchés

La grande majorité des tiges récoltées par les paysans passe entre les mains d'un ou deux collecteurs et/ou traders avant d'être vendue, soit à l'exportation hors des districts, soit aux unités de transformation locales. Le nombre d'intermédiaires dépend de l'enclavement de la parcelle récoltée. Plus la parcelle est éloignée des axes de communication, des ateliers et des traders, plus la distance de transport à pied est longue et plus la location de main-d'œuvre nécessaire pour le transport prend une part élevée dans le prix de vente, entraînant une baisse du prix payé au producteur. Par contre, cela a peu de répercussions sur le prix payé par le trader.

La collecte est assurée par trois sortes d'acteurs :

– le collecteur villageois de premier niveau, qui achète le bambou aux producteurs ;
– le collecteur de second niveau, qui achète aux collecteurs villageois ou aux producteurs ;
– le négociant, qui achète aux collecteurs de second niveau, aux collecteurs villageois ou aux producteurs. Il vend directement aux grossistes à l'extérieur des districts ou à un atelier.

Les paysans ayant des parcelles près des axes principaux peuvent stocker les tiges sur le bord des routes et les vendre directement aux camions qui passent à vide sur le chemin du retour.

Points d'attention

Au Vietnam, les transporteurs ont tendance à maximiser le chargement des tiges au-delà des limites légales. Dangereux, ces chargements excessifs sont à l'origine de nombreux accidents de la route provoqués par leur renversement. La gestion non durable des parcelles peut, à moyen terme, générer une diminution de la qualité des plantations. La forte demande en tiges non mâtures, liée à des choix esthétiques, ainsi que la pression accrue exercée sur les parcelles proches des routes (pour limiter le temps et le coût de transport) sont autant de facteurs pouvant être maîtrisés par les acheteurs.



FICHE N° 2

Tiges thermo-traitées

Les tiges thermo-traitées (ou carbonisées) sont plus stables et moins sensibles aux attaques d'insectes et aux moisissures que les tiges brutes. Elles sont un peu moins flexibles mais plus solides et se fissurent moins. Elles ont également un aspect extérieur plus esthétique (couleur) et sont utilisées pour la construction de meubles, d'instruments de musique ou encore de pergolas. Le processus de thermo-traitement est très développé en Thaïlande, mais beaucoup moins au Vietnam. S'il requiert un investissement initial élevé (chaudière, séchoir), il peut générer à l'export une forte valeur ajoutée. Il a également un effet limité sur l'environnement et la santé.



Tiges thermo-traitées. Patrice Lamballe, Gret.

La technique de thermo-traitement

Les tiges brutes, du fait de leur haute teneur en sucres, sont très sensibles aux attaques d'insectes et aux moisissures. Pour faire face à ces problèmes, les paysans vietnamiens trempent traditionnellement les tiges dans des mares ou étangs durant six mois. Or, la durée du processus empêche non seulement toute réactivité à la plupart des commandes, mais le trempage pollue également pour plusieurs mois les étangs où sont immergées les tiges. Les bactéries de décomposition empêchent toute pisciculture et dégagent une odeur très désagréable. Enfin, après trempage, les tiges sont décolorées et restent longtemps imprégnées d'une mauvaise odeur. Elles peuvent difficilement être poncées et vernies. D'autres méthodes, utilisant des traitements chimiques avec des dérivés du bore (borax ou acide borique), ne font pas consensus quant à leur innocuité. Les traitements à l'eau oxygénée n'apportent pas d'avantages équivalents et décolorent totalement les tiges.

Le thermo-traitement – aussi appelé carbonisation – confère au bambou une durabilité sans la moindre adjonction de produits chimiques. Ce procédé opère une modification dans la masse du bambou par chauffage et pression. Le point de saturation en eau des fibres diminue et l'humidité relative est plus basse. Les matières nutritives et les hémicelluloses sont extraites, et les tiges thermo-traitées acquièrent alors une meilleure résistance aux agressions extérieures telles que les champignons ou les insectes.

Le procédé de thermo-traitement entraîne certes des investissements initiaux plus importants, mais il a l'avantage de ne pas être polluant. L'impact sur l'environnement est d'autant plus faible qu'il est intégré à l'usage d'une chaudière à vapeur et d'un séchoir. Ce procédé combiné de carbonisation/séchage est assez économe grâce à l'énergie fournie par une chaudière à vapeur. Le carbonisateur sert de boiler pour un traitement approfondi, et s'il consomme beaucoup d'électricité, il valorise les déchets d'usinage, les chutes (souches, bases ou extrémités des tiges) et tiges non conformes pour la construction. L'énergie de chauffage provient de la biomasse renouvelable.

Les tiges thermo-traitées présentent un bel aspect extérieur et sont utilisables par toutes les filières utilisant des sections de tige en l'état, comme la fabrication de meubles simples, de petits modules (kiosques, pergolas, etc.), voire la construction d'habitations. Les tiges obtenues par thermo-traitement sont d'une plus grande solidité et d'une meilleure stabilité (moins de problèmes de fissuration) que les tiges non traitées ou trempées. Par contre, le chaume est rendu un peu moins flexible : il doit donc être coupé et fixé avec précaution. Le bambou thermo-traité n'exige normalement aucun entretien particulier s'il est utilisé à l'intérieur ou sous un auvent. Avec la carbonisation, il prend une couleur ocre ou caramel qui, en cas d'exposition extérieure, va évoluer dans le temps vers le gris argent. Les tiges peuvent rester telles quelles ou être vernies, passées à la lasure ou encore huilées (à l'huile de lin par exemple).



Les tiges thermo-traitées sont adaptées pour les particuliers, le secteur du tourisme, l'hôtellerie ou la restauration, mais aussi pour la production de mobilier (tables, bancs, chaises, bars, petites commodes, pour le salon, les terrasses, les jardins) ou la construction (maisons, kiosques, pergolas, etc.). Elles peuvent aussi servir de tuteurs pour le jardinage, réutilisables plusieurs saisons d'affilée.

Les dimensions des tiges à thermo-traiter dépendent de l'usage du client : le diamètre des tiges varie de 30 à 120 mm, l'épaisseur de la paroi de 10 à 20 mm à la partie inférieure. Il n'y a pas de longueur minimale, et la longueur maximale dépend de la taille du carbonisateur (4 ou 6 m le plus souvent). Les tiges aux plus gros diamètres sont les plus demandées.

Ce procédé, répandu en Thaïlande, est encore peu développé au Nord-Vietnam. À l'export, il génère pourtant une forte valeur ajoutée, notamment parce que la majeure partie de la tige est valorisée, surtout si les bambous sont vendus en entier ou en tronçons de trois mètres et plus. Elle a été testée de façon expérimentale dans une seule entreprise de la région et a conduit l'entrepreneur à coopérer étroitement avec les producteurs pour bénéficier de tiges de qualité et peu abîmées.

Préparation de la matière première

Sélectionner des tiges *Luông*, si possible de plus de 2 ans et demi (plus solides et à teneur en eau plus faible). Des tiges plus jeunes ou de mauvaise qualité risquent d'exploser plus facilement lors de la carbonisation ou du séchage puis de se fissurer. Elles doivent être droites et avoir un bel aspect, une belle couleur, sans fissures ni écorchures.

Les branches doivent être coupées à la jointure du nœud. Il faut éviter les échancrures au niveau de ce dernier, causées par une coupe grossière des branches. Il est préférable de laisser un centimètre au départ de la branche car les finisseurs peuvent ensuite le raboter pour l'amener à une surface presque parfaite, sans creux ni échancrure.

Si de nombreux clients demandent des tiges à gros diamètre avec forte épaisseur à la base, cette partie est souvent courbe. Il faut donc faire un compromis en choisissant des tiges de diamètres et épaisseurs élevés, mais avec un minimum de courbure.

Procédés de fabrication

Préparation

– sélectionner les tiges en fonction de l'usage ;
– les couper pour obtenir des tronçons de la longueur souhaitée à l'aide d'une scie circulaire. On privilégie les tiges de 6 m, adaptées aux conteneurs et plus faciles à stocker. L'expérience a montré qu'il fallait plutôt les couper tout de suite en tronçons de 5,8 m, car la profondeur des conteneurs n'excède en général pas 5,85 m à l'intérieur (longueur totale d'un conteneur de 20 pieds – 6 m) ;
– forer les entre-nœuds de la tige d'un petit trou (3 à 5 mm) à l'aide d'une perceuse au niveau du nœud (à 2 cm du nœud), afin d'éviter que la pression fasse éclater la tige lors de la carbonisation.

Carbonisation

Il existe différents procédés pour carboniser les tiges. Le procédé de thermo-traitement consiste à chauffer à la vapeur le bambou dans un autoclave, à une température oscillant entre 150 et 170 °C et sous une pression d'environ 4,5 atm. L'autoclave mesure six mètres de long (longueur d'un conteneur de 20 pieds) et son diamètre intérieur est de 60 cm.

› Carbonisation simple

Dans le carbonisateur, la vapeur d'eau provenant d'une chaudière est envoyée à forte pression sur les tiges.



Carbonisateur (à gauche) et sa chaudière (à droite) alimentée par des nœuds de bambou.
Patrice Lamballe, Gret.



Pour faciliter l'entretien de la chaudière, il est recommandé de filtrer l'eau avant son passage dans celle-ci afin qu'elle soit « adoucie ». Si une eau est trop chargée en calcium, il faut la purifier avant de l'utiliser pour la carbonisation. Les étapes de carbonisation sont les suivantes :

– disposer les tiges dans le carbonisateur. Le nombre est inversement proportionnel au diamètre et on peut mettre environ 20 tiges de 90 mm ou 25 tiges de 80 mm de diamètre dans un autoclave de 60 cm de diamètre intérieur ;
– faire progressivement monter la température et la pression afin d'éviter la fissuration des tiges, voire l'éclatement des entre-nœuds. En une heure, la température doit atteindre 170 °C et la pression 4,5 atm ;
– carboniser les tiges pendant 2 à 3 heures au total, soit environ une heure aux pressions et température maximales. Cette durée garantit la qualité du produit même avec des tiges pas tout à fait mâtures. Une durée plus élevée diminuerait le rapport qualité/coût ainsi que le nombre de cycles de carbonisation réalisables en une journée ;
– diminuer progressivement en une heure la température et la pression ;
– retirer les tiges du carbonisateur après avoir ouvert la porte et laisser refroidir entre 10 et15 mn.

La durée totale du cycle est de quatre heures.

Nettoyage

Nettoyer les tiges à l'eau à la sortie du carbonisateur, puis les gratter à l'aide d'une éponge afin de retirer les impuretés liées à la carbonisation du lichen, souvent présent sur les tiges et qui se transforme en poudre noirâtre lors de la carbonisation. En général, les tiges ont d'autant plus de lichen qu'elles sont de bonne qualité. Les lichens se développent sur les tiges de plus de trois ans. Les tiges peuvent ensuite être frottées avec une toile abrasive pour un résultat esthétique. Ce traitement n'est pas systématique et dépend de l'usage final.

Séchage

Disposer les tiges dans un séchoir pendant environ 30 heures, à une température de 50 à 70 °C (80 à 90 °C à la sortie du ventilateur d'entrée du séchoir).

Le séchoir doit avoir la même longueur que le carbonisateur. Par contre, son volume doit être plus grand (de façon à renfermer de 6 à 10 fois plus de tiges) pour pouvoir fonctionner en parallèle. En effet, le temps de séchage est beaucoup plus long que celui de la carbonisation. Le séchage doit être maîtrisé car il peut entraîner une fissuration des tiges s'il est trop intense. Un appareil de mesure du degré d'humidité du bambou est un plus pour contrôler l'opération de séchage progressif.



Tiges thermo-traitées à l'intérieur du séchoir. Patrice Lamballe, Gret.

Entreposer les tiges sur des étagères, qui peuvent être des structures de stockage en bambou à trois ou quatre niveaux. L'endroit doit être couvert, protégé de la pluie mais aéré, de façon à laisser passer le plus d'air possible. Il faut éviter l'exposition directe au soleil qui entraîne le blanchissement des tiges, voire une fissuration des chaumes.

Épousseter les tiges avant le chargement dans le conteneur si besoin pour ôter la poussière qui se serait déposée durant le stockage en entrepôt. On peut ainsi contrôler la qualité des tiges et leurs défauts éventuels (fissures, taches) avant leur chargement.

Finition

Différentes opérations de finition sont possibles en fonction de l'usage final :

› Le ponçage (avec une ponceuse à disque)

Pour certains usages – petits meubles assemblés par tenon et mortaise –, il peut être utile de poncer les tiges, ou uniquement les nœuds, afin d'obtenir une tige au diamètre plus homogène. Dans ce système d'emboîtement, les tiges sont croisées, les petites tiges passent à l'intérieur des plus grosses et le tenon traverse plusieurs tiges.

› Le vernissage

Si le client le demande, ou si la tige a été poncée, il faut la vernir pour éviter le développement des moisissures. Celles-ci peuvent se développer au bout de deux ou trois semaines lorsque les tiges, poncées ou non, sont exposées à la pluie en



zone tropicale. Il faut laisser le vernis sécher avant de les mettre en conteneur, sans quoi elles risquent de se coller entre elles.



Traitement des tiges à l'huile de lin. Patrice Lamballe, Gret.

Il existe plusieurs vernis donnant différents aspects et couleurs à la tige. Certains clients exigent parfois deux couches de vernis. Dans ce cas :

– pulvériser une première couche, laisser sécher 2 heures ;
– pulvériser une seconde couche, laisser sécher 8 à 10 heures.

Un traitement extérieur naturel contre les insectes avec de l'huile de lin et de l'essence de térébenthine est à envisager si le matériel est utilisé en zone tropicale, ou à l'extérieur dans les pays tempérés.

Équipements et outils

Une fois les bambous livrés à l'entreprise, les équipements nécessaires sont :

– une scie circulaire ;
– une perceuse à mèche fine (3 mm si possible) ;
– une chaudière (et réservoir situé en amont du circuit d'alimentation en eau, servant à la décalcification de l'eau quand l'entreprise est située en zone calcaire) ;
– un carbonisateur, qui peut aussi servir pour l'ébouillantage, d'où le nom de boiler ;
– une citerne de stockage de l'eau dans le cas où il faut alterner les cycles de carbonisation et les cycles d'ébouillantage (ce qui permet d'économiser l'eau, de moins décalcifier et de limiter les rejets) ;
– un petit bac pour faciliter le lavage. Pour être facilement manipulé, il n'a pas besoin d'être de la taille des tiges (6 m), mais plutôt de 2 m de long environ et entre 20 à 25 cm de profondeur ;
– un séchoir alimenté par la chaudière à vapeur avec un ventilateur à l'entrée et, si possible, un thermomètre, voire un hygromètre, pour contrôler les conditions à l'intérieur du séchoir ;
– un hangar pour le séchage et le stockage.



Hangar de séchage et de stockage. Patrice Lamballe, Gret.

Les coûts et origines des différents équipements sont présentés en annexe 5.



Paramètres techniques et économiques

Le thermo-traitement valorise très bien les tiges. Les tiges thermo-traitées produisent peu de déchets et apportent une forte valeur ajoutée si elles sont vendues sur les marchés étrangers. Leur production encourage également une gestion durable des bambouseraies car elle requiert essentiellement des tiges matures. Enfin, elle ne requiert aucun emploi de produit chimique.

Calcul économique

Le calcul économique présenté dans le tableau ci-dessous est réalisé pour un mois d'activité (on compte ici une moyenne de 24 jours ouvrés par mois). Chaque jour, l'atelier réalise quatre cycles de carbonisation, ce qui représente environ 8 heures d'utilisation du carbonisateur pour 25 tiges de calibre moyen (diamètre à la base entre 80 et 88 mm) par cycle (carbonisateur de 60 cm de diamètre intérieur), soit 100 tiges au total. Chaque mois, 2 400 tiges sont transformées.

› Précisions préalables

Chaque tige est coupée en tronçon de 6 m (5,8 m plus exactement, soit la longueur d'un conteneur de 20 pieds). La technique de production choisie est la plus répandue et la plus efficace : perçage de l'entrenœud, carbonisation à 170 °C et pression de 4,5 atm durant deux heures, puis lavage et séchage.

Sans entraîner de grosses différences de coûts, cinq sortes de combustibles peuvent être utilisés : nœuds provenant des ateliers voisins de fabrication de baguettes, souches et extrémités des tiges coupées avant thermo-traitement (les deux combustibles les plus usuels), copeaux ou balles de paddy en gazéificateur, charbon de mine ou charbon de bambou (plus onéreux). Le calcul est réalisé ici pour une utilisation des nœuds.

L'amortissement des équipements (chaudière, carbonisateur, séchoir et bâtiment) est calculé sur une durée de 5 ans, soit pour un investissement total de 26 000 € avec un amortissement de 433 € par mois.

Nous considérons dans ce calcul que 6 ouvriers sont nécessaires à la réalisation des cycles de carbonisation. Cette main-d'œuvre, moyennement qualifiée, est ici rémunérée à hauteur de 6 €/jour/ouvrier. Ce coût n'inclut pas la main-d'œuvre effectuant le séchage, le stockage, la préparation et le chargement en conteneur. Le prix d'achat des tiges inclut le travail de sélection et le coût du transport jusqu'à l'entreprise.

Calcul des coûts directs variables (CDV) mensuels

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités/ mois	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Coût mensuel (en €)	Pourcentage du coût de production
Matière première (tronçons)[1]	Tronçon de 6 m	2 400	27 000	1,02	2 436	65
Main-d'œuvre	Jour	144	159 600	6	864	23
Coupe et forage des tiges	*1 trou par entre-œud*	*18,3*	*159 600*	*6*	*110*	*3*
Carbonisation	*4 cycles de 25 par jour*	*30,3*	*159 600*	*6*	*182*	*5*
Lavage et nettoyage des tiges	*1 par 1 en bac*	*49,5*	*159 600*	*6*	*297*	*8*
Séchage (chargement séchoir)	*150 à 200 tiges*	*30,3*	*159 600*	*6*	*182*	*5*
Préparation des tiges et chargement du conteneur	Main-d'œuvre extérieure	24	250 000	9,4	226	6
Combustible chaudière pour carbonisation et séchage	kg de nœuds	9 600	575	0,02	208	6
Total des charges directes	Mois	1			3 733	100

(1) Le kilogramme de matière première est estimé en moyenne à 1 600 VND (0,06 €) pour la tige entière coupée et transportée. Le prix est plus élevé que celui de la tige normale ou du tout-venant du fait des exigences de rectitude et d'esthétique.

Le total des coûts directs variables est de 1,56 € par tige transformée. Ne disposant pas de l'intégralité des charges indirectes, qui intègrent le loyer, l'amortissement de l'équipement, l'eau et l'électricité, le personnel administratif, les taxes et impôts, nous ne pouvons pas calculer ici le total des charges.



Calcul de la marge sur coût direct

	Unité	Nombre d'unités	Montant unitaire (en VND)	Montant unitaire (en €)	Montant mensuel (en €)
Charges directes	Mois	1	110 829 067	4 167	4 167
Vente tiges « qualité »	Tiges	1 920	104 000	3,85	7 392
Vente tiges déclassées	Tiges	480	35 000	1,3	624
Marge sur coûts directs variables (CDV)	**Mois**				**3 849**

On estime que 20 % des tiges carbonisées ne remplissent pas les standards de qualité pour l'export. Les tiges qui ne sont pas vendues à l'exportation peuvent servir pour la construction locale, à un coût moins élevé.

La marge sur CDV est de 3 849 €/mois, soit 1,6 € par tige thermo-traitée de 6 m. Ne disposant pas de toutes les données concernant les charges indirectes et supplétives, il n'est pas possible de calculer le bénéfice.

À titre indicatif, l'amortissement des équipements (chaudière, carbonisateur, séchoir et bâtiment) est calculé sur une durée de 5 ans, soit pour un investissement total de 26 000 €, avec un amortissement de 433 € par mois.

Recommandations pour maximiser la rentabilité

On compte un rendement (ou taux d'acceptation de la qualité) moyen de 80 %. Pour garantir un bénéfice, il faut obtenir un rendement élevé, d'au moins 60 %. Au-dessous de 60 % d'acceptation, l'opération peut devenir non rentable.

Le coût de la matière première compte pour 46 % du prix de revient total, pour au mieux une valorisation de 65 % de la tige (tronçon de 6 m). La partie restante, souche ou partie supérieure, peut servir pour faire du charbon ou comme combustible chaudière.

Il faut par ailleurs :

– être certain de la qualité (âge) de la matière première pour assurer une meilleure homogénéité du produit qui va être vendu ;
– vérifier son apparence extérieure avant l'entrée dans la chaîne de production ;
– rediriger à temps – par exemple vers un atelier voisin qui utilise les tiges pour la production de lamelles ou de baguettes – toute tige non conforme pour éviter de commencer le processus avec des tiges non adaptées, ce qui entraînerait un coût de revient bien plus élevé.

Les tiges solides mais moins esthétiques peuvent servir comme solives pour les charpentes ou pour la construction de poulailler ou d'autres bâtiments. Les tiges fendues peuvent être utilisées pour faire les parois ou murs à claire-voie de ces bâtiments.

Pour maximiser le bénéfice, on peut aussi optimiser l'utilisation du combustible en :

– mettant en œuvre plusieurs cycles successifs de façon à profiter de l'énergie résiduelle du cycle précédent dans le carbonisateur ;
– maintenant les tiges dans le carbonisateur lors du dernier cycle journalier pour valoriser la chaleur résiduelle ;
– recourant à un combustible à plus forte énergie calorifique (charbon plutôt que déchets de bambou) quand il faut faire fonctionner à la fois le carbonisateur et le séchoir. En fonction du marché local, le prix des combustibles à forte énergie calorifique peut au contraire faire augmenter l'importance de ce poste de dépenses.

Même si les commandes portent sur des tiges de 3 m, il vaut mieux thermo-traiter toutes les tiges en 6 m pour faciliter leur mise en carbonisateur et en séchoir, de même que le rangement dans le hangar de stockage. Les tiges de 6 m sont ensuite coupées en tiges de 3 m en fonction des commandes.

Il peut être fructueux d'investir pour constituer un stock de tiges déjà thermo-traitées et adaptées à la demande potentielle (en termes de calibre), car il est souvent difficile de répondre à une commande dans des délais raisonnables. Il faut alors mobiliser trop d'ouvriers dont certains ont peu d'expérience, et l'encombrement de l'atelier nuit à une bonne efficacité.

Points d'attention

Pour la sélection des tiges

La demande porte habituellement sur les plus grosses tiges, qui peuvent venir à manquer et *a fortiori* dans le cas d'une gestion non durable des plantations (surexploitation, coupes trop précoces).

Il n'est pas conseillé de stocker des tiges sans les carboniser car elles risquent de moisir. D'autre part, pour les entreprises engagées dans une gestion durable des plantations et des forêts de bambou, il est déconseillé de couper les tiges durant la saison des pousses. Il est alors souhaitable de carboniser un stock de tiges en avance pour éviter une rupture de stock pendant cette période.



Pendant le séchage et le stockage des tiges

L'utilisation du séchoir requiert beaucoup d'énergie et la capacité de la chaudière peut ne pas être suffisante pour alimenter à la fois le carbonisateur et le séchoir. Il faut alors privilégier les combustibles ayant une capacité calorifique plus importante, comme le charbon de mine (le charbon de bambou est bien adapté mais il est plus rare et onéreux s'il n'est pas produit sur place).

Les tiges doivent être séchées très rapidement après la carbonisation et le lavage afin d'éviter les moisissures.

Si les tiges sont longtemps exposées à la pluie et au soleil, elles se dégradent à moyen terme et perdent leur couleur brun-caramel. Une fois vernies ou enduites, les tiges peuvent être exposées plus longtemps à la pluie et au soleil, et elles se décolorent moins.

Les principaux déterminants de la qualité de la tige thermo-traitée sont, en dehors des procédés et des équipements :

– la maturité du bambou ;
– le temps d'attente entre la récolte et le traitement (le plus court possible) ;
– la gestion du temps de carbonisation ;
– le séchage de la tige à l'air libre après le traitement.

Les exigences de qualité varient en fonction des acheteurs et, parce qu'elles ne sont pas forcément formulées lors de l'achat des tiges, il faut essayer de les anticiper. Par exemple, la carbonisation colore la tige en brun, café ou caramel. Même si de nombreux clients apprécient ce changement de couleur ou y sont indifférents, d'aucuns peuvent préférer une couleur plus jaune ou crème, notamment ceux qui font de l'artisanat d'art et repeignent les bambous. Les acheteurs qui peignent les tiges préfèrent des chaumes aux couleurs claires plutôt que brunes. Il faut donc essayer de comprendre pourquoi le thermo-traitement produit sur un même lot des teintes plus foncées que d'autres.

Pour l'export

La fréquence des commandes et leur étalement sur l'année peuvent être en décalage avec le calendrier saisonnier des récoltes (entre mi-avril et fin août au Vietnam). Pour pouvoir être réactif aux différentes demandes des clients, il faut prévoir l'équivalent en stock de trois ou quatre conteneurs (soit 90 à120 m^3 ou 2 400 à 3 000 tiges de 6 m) pour constituer un conteneur final en quantité et qualité satisfaisantes. Il faut prendre cela en compte dans le dimensionnement du hangar de stockage. Il faut également tenir compte du temps de latence entre la date de commande et celle de livraison, parfois long : par exemple, au Vietnam, il faut en général cinq

semaines de transport par voie maritime, soit un mois et demi entre le chargement et la livraison au client.

Le remplissage des conteneurs peut s'avérer complexe et chronophage, alors que les porte-conteneurs restent peu de temps. Il est donc important de bien préparer le chargement en amont. Un tri doit être réalisé avant le chargement en fonction des critères exigés par les clients et de leurs attentes. Ceci est plus compliqué lorsque le conteneur est destiné à plusieurs clients : tris des différentes qualités de bambou et vérification de la longueur des tiges pour qu'elles rentrent sans difficultés dans le conteneur (pour rappel, l'intérieur des conteneurs de six mètres ne dépassant pas les 5,85 m, il faut préparer des tronçons de 5,8 m ou 2 x 2,9 m). Ce tri peut se faire très en amont, au moment du déchargement des tiges à l'entrée de l'atelier ou, de plus en plus, dès la coupe des tiges.

Il est recommandé de marquer le diamètre de chaque tige ou tronçon à la base pour éviter de multiplier les mesures. Il est également utile de faire des estimations sur la capacité de remplissage des conteneurs en fonction des diamètres car le coût d'un conteneur est fixe, quel que soit le taux de remplissage effectif.



Remplissage d'un conteneur. Patrice Lamballe.



Synthèse des avantages et inconvénients

Divers procédés permettent d'améliorer la conservation des tiges, chacun possèdant des avantages et des inconvénients présentés dans le tableau ci-dessous.

Technique	Avantages	Inconvénients
Trempages des tiges (6 mois dans une mare, un étang, un fossé)	Très peu d'équipements, investissement limité. Longue conservation.	Besoin de main-d'œuvre pour gérer l'eau. Surfaces aquatiques mobilisées, concurrence d'autres usages (pisciculture). Processus lent, pas de réactivité à la demande. Mauvaise odeur des tiges. Couleur grise, aspect général peu esthétique. Risque de fissuration.
Ébouillantage (tiges bouillies puis séchées dans un hangar, à l'abri du soleil)	Tiges plus résistantes aux insectes si ajout de différents produits dans l'eau bouillante (feuilles de Jatropha, sel, chaux, huile de cuisson).	Tiges chargées en eau, difficile à sécher.
Ébouillantage + carbonisation (une fois ébouillantées, les tiges sont mises dans un carbonisateur, à basse température, pour évacuer l'eau, puis séchées à l'air en disposant les tiges verticalement)	Qualité du séchage.	La durée du processus est allongée (40 à 60 tiges traitées par jour contre 80 à 100). Technique encore expérimentale et controversée.
Traitement chimique (tiges bouillies ou simplement trempées dans un bain où percole des produits au bore-borax, acide borique)		Très toxique. Procédé interdit dans certains pays (les opinions divergent au sujet de la nocivité du bore).
Thermo-traitement/ carbonisation	Concilie temps de réponse à la demande et respect de l'environnement. Ni emploi ni rejet de produit chimique, *a fortiori* s'il n'y a pas d'ébouillantage. Pas de pollution des mares ou cours d'eau en aval.	Procédé le plus coûteux en équipement.



FICHE N° 3

Meubles simples

Les meubles simples sont des produits artisanaux destinés à l'intérieur ou à l'extérieur des maisons. Cependant, l'usage extérieur entraîne davantage de traitements pour améliorer la durabilité du bambou. La production de meubles simples ne requiert pas d'investissement initial important mais une main-d'œuvre qualifiée, à la fois plus chère et plus rare (notamment dans les zones où sont situées les plantations de bambou, souvent enclavées). Les meubles sont des produits traditionnels de qualité qui ne peuvent pas, ou difficilement, être produits en série. Ils coûtent plus chers et peuvent être facilement concurrencés par des meubles de moins bonne qualité (bois d'entrée de gamme), standardisés et moins chers. Les dimensions des meubles et leur design sont adaptables à la demande du client. Avec leur design traditionnel et naturel, ils s'adaptent aux décorations « ethniques », dans les restaurants, les bars ou les établissements touristiques. Ils sont particulièrement adaptés pour le secteur de l'écotourisme. Les modèles traditionnels du Nord-Vietnam ne sont toutefois pas faciles à démonter et leur transport en conteneur est de ce fait coûteux.



Table basse en bambou. Patrice Lamballe, Gret.

Les paragraphes suivants se limitent aux meubles de facture traditionnelle et n'abordent pas la production industrielle de meubles standardisés.

Préparation de la matière première

D'autres espèces que le bambou *Luông* peuvent être utilisées : le bambou *Le* (nom vietnamien de l'espèce), très petit, ou encore le bambou *Phyllostachysedulis*.

Les tiges ne doivent pas être coupées durant la saison de pousse, car elles sont fragiles, de mauvaise qualité et avec de fortes teneurs en sucres. Cela favorise l'apparition de moisissures et les attaques de mites et de vers à bois qui perforent la tige, reconnaissables par le dépôt de poussière de bois au sol.

Les dimensions et la partie de la tige sont choisies en fonction de l'usage et de la partie du meuble à créer. La base des tiges, de 7 à 8 cm de diamètre, peut ainsi être utilisée pour les pieds des meubles, la cime et les détails, le milieu, de 3 à 4 cm de diamètre, pour le tour de la table. Pour les lamelles qui composeront le plateau des tables, utiliser des tiges de 10 cm de diamètre pour obtenir des lames les plus plates possible.

Procédés de fabrication

Pour une meilleure conservation, les tiges peuvent être carbonisées (voir Fiche n° 2 page 73).

- Couper le tronçon pour obtenir la longueur voulue tout en cherchant à éviter les défauts (fissure, échancrure, tache, courbure).
- Forer (percer, mortaiser) les tronçons de tiges à l'endroit des emboîtements.

  Option : poncer éventuellement le tronçon, sur toute la surface ou au niveau des nœuds, pour uniformiser le diamètre.
- Poncer et fraiser le tenon afin qu'il puisse pénétrer et tenir parfaitement.
- Monter.
- Vernir sur place si besoin.
- Pour les pieds (de table, de lit, de chaise), forer les tiges juste au-dessus ou au-dessous du nœud afin d'augmenter leur portance et leur résistance.
- Pour le dessus de table : lamelles coupées à la main à partir d'un tronçon de 10 cm de diamètre, puis poncées.
- Il est possible de tresser les lamelles entre elles avec du rotin afin d'obtenir un panneau plat pour le dessus d'une table ou d'une chaise.
- Vernir ou peindre.

Les artisans vietnamiens n'utilisent presque pas de colle, voire pas du tout.



Chaise en bambou. Patricle Lamballe, Gret.

Le vernissage et la peinture ne sont pas obligatoires et dépendent du souhait de l'acheteur. Cependant, une fois qu'une tige est poncée, il est fortement conseillé de la vernir ou de la peindre pour éviter le développement des moisissures, au moins en région tropicale humide. Il est également recommandé de vernir les meubles destinés au jardin, qui risquent d'être fréquemment exposés à l'humidité ou à la pluie.

› Mode d'emploi

- pulvériser une première couche de vernis et attendre 1 à 2 heures,
- pulvériser ensuite la seconde couche et laisser sécher 8 à 10 heures.

Les tiges peintes n'ont pas besoin d'être vernies ; toutefois, la peinture est peu recherchée car elle masque la couleur naturelle du bambou (brun après le thermo-traitement), très appréciée.

Pour l'exportation, il faut veiller à n'utiliser que des produits autorisés dans le pays importateur (faire notamment attention aux produits contenant du phénol formaldéhyde et aux vernis à base de polyuréthane). Pour l'Union européenne, les normes et seuils autorisés sont présentés sur le site Internet www.iso.org (faire une recherche sur « bamboo »).

Équipements et outils

Certains artisans n'utilisent aucun outil électrique mais uniquement des outils manuels comme des gouges.

Même pour ceux qui travaillent avec les machines, le besoin en matériel reste limité : une scie, une perceuse, un couteau. En revanche, la main-d'œuvre doit être constituée de menuisiers qualifiés, à la fois habiles et ayant une grande expérience du travail sur bambou.

Paramètres techniques et économiques

La fabrication de meubles valorise un grand nombre de portions de la tige, surtout si les petits tronçons après coupe des principaux éléments sont utilisés. Il faut toutefois associer des tiges de plusieurs diamètres pour fabriquer un lit, une chaise, un banc ou une table, car il faut pouvoir emboîter les éléments entre eux.

Les tiges de plus de deux ou trois mètres de long ne sont pas indispensables. Par contre, il faut de nombreuses tiges de réserve – et pas uniquement aux diamètres et longueurs en théorie utiles. En effet, il faudra choisir des tiges dont le nœud ou l'entre-nœud tombent au bon endroit quand il faut mortaiser ou ajuster les différents éléments.

Bases pour le calcul économique

Les éléments de coût sont :

– l'achat de l'équipement : coût limité (si un volume élevé est fabriqué ultérieurement) ;
– la matière première : les tiges doivent être de bonne qualité (qualité du thermo-traitement et aspect esthétique extérieur) donc potentiellement plus chères ;
– la main-d'œuvre expérimentée.

Une équipe de 3 à 5 menuisiers qualifiés est nécessaire pour fabriquer en 3 à 4 jours un ensemble composé d'une table et de deux chaises. Cela représente un coût élevé, surtout s'ils habitent loin de la zone de production et qu'il faut prendre en charge les frais de transport, de nourriture et de logement.



Éléments indicatifs de coûts pour différents meubles (en €)

Type d'article	Coût de la main-d'œuvre	Coût du matériel	Marge	Prix de vente
Chaise simple	12	7	3	22
Banquette ornée (banc de 2 m)	40	20	4	64
Petite table de salon	30	15	3	48
Table moyenne hexagonale	35	20	5	60
Lit	60	45	10	115
Pergola	150	90	20	260

Calcul économique simple

Voici le calcul pour la fabrication d'un lit aux dimensions de 140 x 190 cm.



Lit en bambou. Patricle Lamballe, Gret.

› Précisions préalables

Les coûts présentés intègrent la carbonisation, le ponçage, le forage, l'ajustement et l'assemblage des tiges. La production nécessite un total de six journées de travail, avec deux ouvriers qualifiés durant trois jours, payés 8 €/jour. Le ponçage des tiges exige à lui seul une journée de travail. Le travail d'ornement exige quant à lui deux jours.



Exemple d'ornement.

Le calcul du coût de la matière première cumule la longueur totale par calibre de tige. Le coût des tronçons de tiges est comptabilisé au prix de production. Pour les tiges importées, le prix est une fois et demie plus élevé.

L'amortissement des équipements prend en compte le local de travail (simple), les machines électriques et outils manuels.

Calcul des coûts directs variables pour un lit (en €)

	Unité	Nombre d'unités	Coût unitaire	Coût total
Matière première (tronçons)			35	35
Main-d'œuvre	journée	6	8	48
Vernis			8	8
Coûts directs variables				**91**

Calcul de la marge sur coûts directs variables

	Unité
Coûts directs variables	91
Prix de vente du lit finalisé	110
Marge sur coûts directs variables	**19**

La marge sur coûts directs variables est de 19 € par lit, soit un ratio de 17 % sur le prix de vente (19/110 €).

› Éléments déterminants sur le niveau du bénéfice

Le rendement (ou taux d'acceptation de la qualité) est ici de 100 %. Il faut atteindre cette qualité et acceptation par le client pour garantir un bénéfice.

La matière première représente 35 % des coûts directs variables, tout en utilisant, en moyenne, 60 à 65 % de portion de tige déjà thermo-traitée. Il faut faire prendre conscience de ce coût aux ouvriers artisans afin qu'ils valorisent le plus possible les portions restantes des tiges déjà coupées.

Le coût de la main-d'œuvre constitue la part la plus élevée (50 %) et la plus aléatoire : il faut s'assurer de la qualité du travail des ouvriers artisans, du bon usage de la matière première, des mesures à prendre si la qualité n'est pas au rendez-vous et bien sûr effectuer un paiement à la tâche, système le plus répandu, du moins au Vietnam.

Le travail d'ornementation ou de ponçage, qui prend jusqu'à la moitié du temps de main-d'œuvre, doit être valorisé dans le prix de vente : cela n'est possible que s'il y a demande d'une clientèle prête à payer pour ce surplus.



› Conseils supplémentaires

Il faut constituer un stock de meubles pour répondre rapidement à des commandes. Le stock doit rester limité du fait de son encombrement.

Ce stock sert aussi de matériel de démonstration. Il peut être présenté dans des foires-expositions régionales.

Si une partie des meubles est poncée, on réservera les plus belles tiges pour les meubles d'aspect naturel et celles qui ont des défauts pour les meubles poncés.

Si l'entreprise utilise des tiges trempées ou non carbonisées à d'autres fins, il faut veiller à ne pas les utiliser pour la fabrication de meubles à cause de leur odeur et de leur aspect grisâtre.

Points d'attention

Trouver des clients et un débouché régulier reste difficile : la demande est sporadique, ce qui complexifie l'embauche d'une main-d'œuvre qualifiée.

Il faut mettre en garde les acheteurs contre le risque d'infestation par des insectes et leur dire de traiter les meubles après l'achat.

Il est indispensable de vernir les meubles qui seront exposés au soleil ou à la pluie. Il faut également informer les clients des traitements à envisager pour garantir, en fonction des usages, l'entretien à long terme des meubles.

Si les meubles ne sont pas démontables il faut, avant de se lancer dans l'export, bien étudier la rentabilité du transport par conteneur de ces objets volumineux.



FICHE N° 4

Petites constructions

Ce sont des petites constructions utilisables en extérieur ou intérieur : kiosques, pergolas, cabanes pour enfants, etc. Elles ont des dimensions et un design adaptés à la demande du client et sont le plus souvent destinées être exposées aux intempéries et aux alternances pluie/soleil. Ces structures sont difficilement exportables, à moins de pouvoir être décomposées en panneaux. Au Nord-Vietnam, les débouchés restent limités et la valeur ajoutée faible, notamment à cause du coût élevé de la main-d'œuvre qualifiée. Ces constructions servent d'éléments d'affichage et de publicité lorsqu'elles sont mises en valeur dans des lieux de socialisation (bars, restaurants). Elles peuvent déboucher sur des chantiers de construction de maisons ou vérandas, constituant une nouvelle niche de marché à forte valeur ajoutée.

Trois produits sont présentés ici : les kiosques (ou gazebos), et deux variantes, les pergolas et les cabanes d'enfants.



Kiosque et cabane en bambou. Patrice Lamballe, Gret.



Préparation de la matière première

Le *Luông* est principalement employé, mais les détails sur les rambardes peuvent être réalisés avec du bambou *Le* et les panneaux tressés avec du *Nua* (Neohouzeana ou Schizostachyum).

Les tiges ne doivent pas être coupées durant la saison des pousses car elles sont alors plus fragiles, de mauvaise qualité et possèdent de fortes teneurs en glucides favorisant l'apparition de moisissures et les attaques de mites et autres insectes xylophages. Pour limiter l'apparition de termites ou de mites, il faut garantir une bonne qualité de thermo-traitement des tiges (en temps, température et en pression).

La plus grande difficulté est de prévenir le développement de moisissures sur les parties exposées aux intempéries, voile noir peu esthétique pouvant apparaître au bout d'un mois, surtout en zone tropicale. Plusieurs produits empêchent ou retardent leur arrivée : vernis, lasure, huile de lin et essence de térébenthine. La lasure et l'huile de lin donnent de bons résultats sur produits poncés.

Procédés de fabrication d'un kiosque

Est détaillée ici la construction d'un kiosque hexagonal avec deux piliers par face, un toit en tuiles de bambou disposées à la façon de tuiles romaines et un niveau de rambarde simple, ouvert.



Kiosque hexagonal : rembarde et escalier. Patrice Lamballe, Gret.





Détail du toit et de la façade d'un kiosque hexagonal. Patrice Lamballe, Gret.

- Couper les tronçons pour obtenir la longueur voulue, tout en cherchant à éviter les défauts sur la tige.
- Forer (percer, mortaiser) les tronçons de tiges à l'endroit des emboîtements.
- Poncer le tronçon, sur toute la surface ou au niveau des nœuds, pour uniformiser le diamètre.
- Poncer et fraiser les tenons afin qu'ils puissent pénétrer et tenir parfaitement.
- Fabriquer les poteaux au préalable, puis la charpente de toit. Pour les poteaux de kiosque (pergolas ou cabanes), forer les tiges au-dessus ou au-dessous du nœud pour augmenter leur portance et leur résistance, ce qui nécessite de travailler avec deux poteaux par face. Ce système facilite le transport du kit car il permet de préparer six panneaux complets (six faces) à assembler. Il est possible de tresser les lamelles entre elles avec du rotin pour faire des parois plates. Si le kiosque doit être disposé dans un jardin extérieur, directement au contact de la terre ou même du béton, il est préférable de le monter sur des pieds en zinc pour éviter qu'il ne soit en contact avec le sol.
- Fabriquer la charpente de toit. Le toit peut être double pour obtenir une meilleure aération (pour les kiosques fermés). La couverture du toit peut être en feuilles de palme qui pèsent moins sur la charpente que des tuiles en terre cuite. Il faut concevoir des panneaux indépendants faciles à assembler pour des personnes n'ayant pas de compétences de charpentier ou de couvreur. Les toits en tuiles romaines doivent être traités contre les moisissures ;
- Fabriquer les rambardes en fonction du degré de précision et des détails exigés. Il peut y avoir deux rambardes par face ou panneau (l'une de 30 à 100-120 cm de hauteur et l'autre dans la partie supérieure ne gênant pas la vue). Les rambardes supérieures peuvent être faites par six. Pour des raisons pratiques, il n'y a que cinq rambardes de niveau inférieur (un côté reste ouvert pour l'entrée). Faire un premier montage à l'essai –, puis faire le démontage pour le transport.

- Vernir sur place, en fonction de la demande de l'acheteur. Il est conseillé de ne vernir ou peindre les tiges qu'après les avoir poncées afin d'éviter les moisissures, surtout pour les kiosques de jardin.

Les artisans vietnamiens n'utilisent ni colle, ni clous, mais des chevilles en bambou.

Équipements, main-d'œuvre et outils

Les artisans se servent d'outils électriques et d'outils manuels comme les gouges. L'investissement en matériel reste limité : une scie, une perceuse, un couteau, une ponceuse. En revanche, la main-d'œuvre doit être constituée de menuisiers qualifiés ayant une grande expérience du travail sur bambou.

Les kiosques destinés à l'exportation posent le problème de trouver des menuisiers qualifiés – et pas trop chers – pour le remontage. En corollaire se pose la question de la standardisation d'un travail difficile à uniformiser, la forme des tiges variant sensiblement d'un bambou à l'autre.

Paramètres techniques et économiques

Utilisées telles quelles, les tiges gardent un taux de valorisation élevé. Il faut cependant plusieurs calibres de tiges pour faciliter l'emboîtement des poteaux, des traverses, des barres verticales de rambardes ou de la charpente. Les tiges de plus de deux ou trois mètres ne sont pas indispensables. Il faut, par contre, des tiges de réserve, et pas seulement aux diamètres et longueurs en théorie utiles, pour les ajuster ou les mortaiser en fonction de la place des nœuds et des entrenœuds.

La taille du kiosque doit tenir compte de la capacité (ou de surface recherchée) et de la place disponible pour l'installer.

Pour l'exportation, il faut tenir compte de son encombrement dans le conteneur (caisson de 2,3 m x 2,3 m x 5,80 m). Pour mettre deux kits dans le sens de la longueur, les panneaux ne doivent pas dépasser 2,3 m de large et une hauteur de préférence inférieure à 2,3 m.

Pour réduire les coûts de transport, il faut mettre au moins 5 ou 6 kiosques dans un conteneur de 20 pieds (3 000 €/conteneur, soit entre 500 et 600 €/kiosque). La hauteur des rambardes doit être limitée pour positionner les charpentes à l'intérieur des panneaux.



Petit calcul économique (base pour un business plan)

Les éléments de coût à prendre en compte sont :

– l'équipement (petites machines). Son coût reste limité et il sera d'autant mieux amorti qu'un grand nombre de produits sera fabriqué ;
– la matière première. Les tiges doivent être de bonne qualité, donc potentiellement plus chères ;
– la main-d'œuvre.

Variantes du produit

Il existe plusieurs variantes au kiosque hexagonal présenté ci-dessus :

– kiosques à quatre faces, voire à huit (attention à la largeur ou à la hauteur des faces pour que les panneaux entiers tiennent dans un conteneur) ;
– kiosques à une ou deux rambardes, avec tous les motifs possibles pour les rambardes (ouverts, fermés, horizontaux, verticaux ou en diagonale, etc.) ;
– kiosques posés à même le sol ou surmontés de pieds en zinc pour les en isoler ;
– kiosques à un ou deux niveaux de toit ;
– kiosques à toit en tuiles de bambou ou en tuiles plates de bois (sorte de bardeaux, difficile à exporter), à tuiles en terre cuite (en général trop lourdes pour la charpente), à panneaux de feuilles de palmes (moins esthétique) ou à panneaux de chaume (bon compromis).

Les pergolas

Carrées, sans rambarde ni toit fermé, les pergolas ont des barres transversales disposées sur trois côtés et sur le dessus. En espaçant les barres transversales, on peut diminuer le nombre de côtés et donner des formes « voilées » par des piliers opposés de hauteur différente.

Les pergolas sont montées sans clou ni colle. Sur chaque pilier, elles sont assemblées à l'aide de chevilles ou clavettes, parfois avec des chevilles croisées solidaires. La construction d'une pergola requiert trois calibres différents : des poteaux de 90 mm, des barres transversales de 70 mm et des barres horizontales de 50 ou 60 mm. Il faut cependant veiller à ce que les tiges plus fines soient bien droites, surtout lorsqu'elles font plus de 2,5 à 3 m de long.

Les cabanes de jardin pour enfants

Un peu plus complexes que les pergolas, elles montrent une grande diversité en termes de surface, de hauteur et de nature de toit. Il faut faire attention à ce que la cabane ait une surface assez large par rapport à sa hauteur afin d'éviter qu'elle ne se renverse.

Si les cabanes sont disposées à l'intérieur des maisons, garages ou appentis, elles n'ont pas à subir les intempéries.

On veillera à ne pas utiliser de produits chimiques pour la protection des tiges, et la cabane sera faite sans colle ni clous, ces derniers étant remplacés par des chevilles sciées à leur extrémité pour ne pas dépasser et provoquer de blessures. Pour le reste, un montage précis de tenons et mortaises apporte stabilité et solidité. Il est recommandé de construire un système de panneaux emboîtables pour faciliter leur déconstruction et reconstruction.

Difficultés potentielles

- Il peut être difficile de trouver une main-d'œuvre qualifiée qui ne soit pas trop onéreuse.
- Le traitement contre les insectes, comme les mites, est un enjeu majeur. Le choix des vernis est également important pour garantir la protection contre le soleil et la pluie. L'utilisateur peut être amené à les réappliquer pour renforcer l'entretien à long terme.
- Ces articles sont peu faciles à démonter et à remonter pour des personnes non expérimentées. Parce que les chevilles peuvent casser à la déconstruction ou la reconstruction, il faut veiller à en fournir plus que la quantité minimale nécessaire pour une simple construction.
- Ces constructions peuvent être concurrencées par des produits réalisés avec d'autres matériaux (pin, peuplier ou châtaignier).
- Relativement volumineux par rapport à leur valeur, ils ne sont pas forcément rentables à transporter par conteneur vers des destinations éloignées : il faut penser à une fabrication qui valorise au mieux les volumes utilisables dans les conteneurs.

Problèmes techniques rencontrés

Les bambous exposés à l'extérieur ne subissent pas les mêmes contraintes au Vietnam qu'en Europe, et si les moisissures noires qui apparaissent au Vietnam se développent peu en Europe, elles dissuadent en revanche les acheteurs en visite. Le ponçage des tiges améliore la fixation des protections comme les lasures, mais il est plus coûteux en temps de travail.

Les produits fabriqués par des artisans locaux ne sont pas assez uniformes pour répondre aux standards de certains acheteurs. Ainsi, les modèles en bambou, matériau creux et plus inégal, ont un comportement très différent et sont moins standardisables que ceux en bois conçus par des architectes européens. Par exemple, les modèles occidentaux de kiosque à un pilier par face sont transformés par les artisans vietnamiens en modèle à deux piliers pour préserver la capacité de résistance et faciliter leurs déplacements.



FICHE N° 5

Baguettes brutes et finies

Les baguettes sont des couverts utilisés en Asie orientale pour saisir les aliments lors des repas. La commercialisation des baguettes bénéficie d'un large marché, en Asie de l'Est principalement, pour un usage domestique ou pour la restauration. La grande majorité des baguettes en bambou étant jetable, la demande reste forte. Il existe une grande variété de formes et tailles selon les pays : leur longueur varie de 18 à 25 cm et leur diamètre de 4 à 6 mm. Les baguettes les plus blanches et les plus inodores (sans odeur de brûlé) sont préférées. Elles nécessitent, pour l'équipement, un investissement initial qui reste modéré. La production de baguettes brutes est adaptée pour une entreprise qui se lance dans l'activité de transformation de bambou. En revanche, la valeur ajoutée est faible et le taux de déchets avoisine les 80 %.



Baguettes brutes en cours de séchage. Aurélie Vogel, Gret.

Intégration de la finition des baguettes

Les ateliers ont tout intérêt à intégrer la finition des baguettes après leur fabrication pour augmenter leur valeur ajoutée.

La production de baguettes brutes

La production de baguettes brutes permet de traiter un important volume de bambous pour un marché permanent en s'ajustant sur des prix moyens et faibles. Les investissements sont limités et adaptables, facilitant une progression par unités au fur et à mesure du développement de la production.

Au Nord-Vietnam, l'augmentation des coûts de production (main-d'œuvre, tiges) est plus importante que celle des baguettes brutes. La marge du producteur se réduit et la production de baguettes brutes peut ne plus être rentable. En revanche, elle reste rentable si elle est associée à la fabrication des baguettes finies ou à la production de pâte à papier, augmentant ainsi le taux d'utilisation des tiges.

Le séchage des baguettes brutes (avant la deuxième transformation) sécurise la qualité de la production tout en réduisant les traitements polluants au soufre. Associé à un volume de stockage adapté, il augmente les capacités de négociation avec les acheteurs.

La production de baguettes finies

La production de baguettes finies (séchées, polies, voire emballées) requiert un investissement initial et une technicité plus élevés mais donne un accès direct aux différents acheteurs sans avoir à passer par un second transformateur, garantissant ainsi une valeur ajoutée plus élevée que pour la baguette brute. La fabrication de baguettes de qualité peut permettre à moyen terme de trouver des marchés de niche plus rémunérateurs, voire de vendre directement à des compagnies étrangères.

La finition augmente le prix de vente et la valeur ajoutée : les baguettes gravées, colorées et/ou emballées par paires dans des sachets en papier ou en plastique se vendent plus cher. Les baguettes associées, qui sont doubles, détachables à partir de la rainure centrale et à usage unique, sont aussi très recherchées et plus chères. Elles sont fabriquées à partir de petites plaquettes parallélépipédiques taillées sur toute la face par une machine spécifique.



Préparation de la matière première

L'épaisseur minimale des tiges est de 7 mm pour un diamètre minimal de 70 mm. Les tiges ne doivent pas être beaucoup plus épaisses car plus la paroi de la tige est épaisse, plus il a de pertes.

Partie de la tige utilisée	Âge idéal	Calibre idéal	Épaisseur de la paroi
Partie médiane	2,5 ans ou plus	7 à 8 cm	7 à 10 mm

Pour les entreprises ne fabriquant que des baguettes, il est recommandé de ne pas acheter de tiges trop grosses car la tige sera moins bien valorisée et les déchets, plus nombreux, ne pourront servir que pour la pâte à papier. Cela est d'autant plus important qu'il y a de possibles utilisations plus rentables pour les grosses tiges (les lamelles de parquet) et que leur prix est proportionnellement plus élevé que leur poids (plus de 1 000 VND/kg pour les grosses tiges, contre 600 à 700 VND/kg pour les petites, moins utilisées).

Procédés de fabrication

Les baguettes brutes sont issues de la pré-transformation du bambou : elles ne sont ni polies, ni gravées ou aiguisées, ni séchées. Certains ateliers se spécialisent dans la pré-transformation et vendent les baguettes brutes à des ateliers spécialisés dans la finition. D'autres ateliers prennent en charge toutes les étapes, de la pré-transformation à la finition.



Vue d'ensemble de l'atelier de découpe des baguettes brutes. Patrice Lamballe, Gret.

Fabrication des baguettes brutes

Il existe deux techniques.

Technique n° 1

Les baguettes sont prélevées sur les parties de tige situées entre les nœuds, appelées entre-nœuds. Les nœuds sont rejetés et valorisés, après broyage, comme combustible ou pâte à papier. Les entre-nœuds doivent mesurer 20 cm minimum pour une baguette de 18 cm (longueur minimale). À la base des tiges (les premiers 10 %), les entre-nœuds sont trop courts et les tronçons utiles se situent sur la partie médiane des tiges. Cette dernière est utilisée parce que la paroi de la partie basse est trop épaisse et celle de la partie haute trop fine (souvent moins de 7 mm d'épaisseur).

Si cette technique exige moins d'investissements au démarrage (machines), elle est aussi moins rentable car elle produit plus de rejets de nœuds et valorise moins bien les tiges : on peut fabriquer entre 250 et 340 paires de baguettes brutes (12 g) par tige moyenne de 20 à 25 kg.

- Prélever la partie utile des tiges avec une scie circulaire, puis retirer la partie basse (la longueur des entre-nœuds est trop petite et peut être mieux valorisée par la production de lamelles) et la partie haute (paroi trop fine).



Coupe d'une tige avec une scie circulaire. Patrice Lamballe, Gret.

- Couper des tronçons de tige sans nœuds (entre-nœuds) de taille adaptée à la longueur des baguettes voulues (2 cm de plus que la taille finale). Cette étape nécessite au minimum trois ouvriers, l'un qui prend les tiges et les pousse vers la scie, l'autre qui scie et un troisième qui évacue les nœuds au fur et à mesure.



- Fendre les tronçons au couteau en deux ou trois parties en demi-lune.



Tronçons découpés en demi-lune. Patrice Lamballe, Gret.

- Fabriquer les baguettes en faisant passer à l'horizontale les tronçons fendus dans une machine qui les découpe en baguettes de forme ronde. Les baguettes sont éjectées deux par deux vers une petite caisse qui facilite leur groupage.
- Récupérer les baguettes et les sélectionner. Les tasser, les disposer en paquets uniformes et lisses puis les empiler.
- Ramasser les déchets (nœuds, sciures, etc.) par intermittence pour les transporter vers l'aire de stockage. Ils peuvent être valorisés pour trempage à la soude puis broyés sur place en pâte à papier.



Découpe de baguettes brutes. Patrice Lamballe, Gret.

Technique n° 2

Cette technique est plus récente. Les nœuds ne sont pas retirés, ce qui rend possible une meilleure valorisation de la matière première en faisant passer le taux d'utilisation des tiges de 20 % à 30 %.

Les tronçons doivent toujours être prélevés sur la partie médiane de la tige : à la base de la tige, la paroi est trop épaisse (et il y a beaucoup plus de pertes), tandis qu'elle est trop fine sur le sommet. Cette technique requiert des machines supplémentaires (splitteuse et raboteuse), plus sophistiquées et nécessite plus d'investissement. En contrepartie, elle valorise une plus grande proportion de la tige car les nœuds ne sont pas retirés. On obtient 670 paires de baguettes brutes par tige de 20 à 25 kg.

- Couper avec une scie circulaire des tronçons de tiges de 1,05 m (l'équivalent d'au moins quatre longueurs de baguettes), toujours dans la partie médiane de la tige.
- Fendre les tronçons en lamelles grossières avec une « splitteuse ». Faire passer le tronçon entier dans la splitteuse qui le divise en lamelles.
- Passer les lamelles dans une raboteuse quatre-faces qui retire la partie bombée des nœuds et la cuticule extérieure qui dépassent. Retirer régulièrement les déchets.
- Diviser avec une machine fendeuse les lamelles rabotées en de longues baguettes (le plus souvent en quatre).
- Scier les baguettes à la scie circulaire pour obtenir la taille requise par l'acheteur.

Protection contre les moisissures

À cette étape, les baguettes ne sont plus protégées par la cuticule extérieure alors qu'elles contiennent encore 40 à 50 % d'eau. Pour qu'elles se conservent et ne soient pas atteintes par les moisissures ou endommagées par les insectes, il faut les protéger en les traitant au soufre :

– rassembler les baguettes en tas arrondi, sous forme de rondins de 30 à 40 cm de diamètre ;
– créer des espaces entre les baguettes à l'aide d'un maillet pour faciliter la pénétration du soufre ;
– empiler les rondins de baguettes (quantité maximale de baguettes à traiter par cycle : 5 tonnes environ) ;
– faire brûler 7 à 8 kg de soufre en poudre dans un petit récipient à côté des piles de baguettes ;
– couvrir le tout sous une bâche d'au moins 20 m² en veillant à ce que l'air s'échappe le moins possible (bloquer par exemple la bâche à l'aide de pierres) ;



- laisser agir pendant 10 heures, de préférence la nuit, pour préserver les ouvriers/ouvrières des vapeurs toxiques dégagées ;
- normalement, le soufre s'évapore et reste très peu dans les baguettes. Les acheteurs le vérifient en trempant une baguette dans l'eau : si l'eau ne prend pas de teinte jaune, c'est qu'il n'y a plus de soufre sur la baguette.



Préparation du soufrage des baguettes. Patrice Lamballe, Gret.

Pour atteindre une protection optimale contre les moisissures et les insectes, la combustion du soufre doit durer 10 heures. Pour atteindre cette durée, il faut brûler 7 à 8 kg de soufre pour traiter par cycle 5 tonnes de baguettes. On peut bien sûr traiter des quantités inférieures de baguettes, mais pour réduire les coûts unitaires, le mieux est de s'approcher le plus possible de ce poids.

Attention : plus le taux d'humidité est élevé, plus le risque de moisissure est grand. Il faut traiter très rapidement les baguettes, et cela est d'autant plus obligatoire si les tiges ont été trempées de longues heures dans l'eau lors de leur transport par radeau.

La pré-transformation s'achève généralement ici, et les baguettes brutes sont prêtes à être vendues (et transportées) aux entreprises de finition.

Finition des baguettes

› Séchage

– faire sécher les baguettes dans un four à 90 °C pendant 36 heures. Un four d'environ 3 m × 2 m en interne peut contenir six tonnes de baguettes brutes (poids avant séchage) ;
– alimenter les fours en combustible avec principalement les nœuds et autres éventuels déchets provenant des ateliers (fibres issues du polissage ou petits copeaux provenant de la taille des bouts) ;
– vider et remplir les fours toutes les 36 heures. Ils doivent fonctionner en continu pour valoriser la chaleur résiduelle.



Séchage des baguettes brutes dans un four. Patrice Lamballe, Gret.

› Polissage

Mettre les baguettes dans la machine vibrante (vibreuse) durant 40 minutes. Le frottement des baguettes les unes contre les autres entraîne leur polissage. La machine, qui fonctionne avec trois rangées parallèles, peut contenir de 15 000 (gros diamètres de 6 à 6,5 mm) à 20 000 baguettes (petits diamètres, 5 mm).

› Biseautage

Tailler les baguettes avec une machine pour obtenir des pointes légèrement biseautées. Certaines machines gravent en même temps la partie haute de façon à dessiner une ligne décorative.



› Tri

Trier les baguettes et retirer celles qui ont des défauts : les baguettes de taille incorrecte, incomplètes, trouées, cassées, noircies par les moisissures ou non polies. En moyenne, environ 10 % des baguettes sont rejetées.

Emballage et conditionnement

Ranger directement les baguettes dans des cartons (15 à 20 kg en fonction de la demande), ou bien :

– emballer les baguettes deux à deux dans un petit sac en plastique ou en papier. On peut se servir d'une ensacheuse. Une paire de baguettes emballée pèse environ 10 g ;
– rassembler les paires de baguettes dans de petits sacs (50 à 100 paires par sac) de 500 g à 1 kg, puis les disposer dans des cartons (15 à 20 kg).



Atelier d'ensachage des baguettes. Patrice Lamballe, Gret.

Équipements et outils

Pré-transformation

Le matériel nécessaire pour la production de baguettes brutes est le suivant :

- scie circulaire pour couper les entre-nœuds et le bas de la tige. Son utilisation requiert deux ouvriers qui se placent aux deux extrémités de la tige : l'un la dispose sur le socle, l'autre manie la scie. Il y a plusieurs buttées d'arrêt, afin de couper les tiges en tronçons de différentes longueurs ;
- machine pour fabriquer les baguettes brutes. Son utilisation requiert au moins quatre personnes. La première approvisionne continuellement la ou les machines en tronçons de tiges en demi-lune (section de bambou fendue en deux ou trois morceaux), la deuxième manie directement les tronçons coupés pour en faire des baguettes, la troisième ramasse les déchets et la dernière, aidée parfois d'une autre personne, regroupe et arrange les baguettes en paquets, dont la forme rappelle celle de gros « rondins ».

Matériel complémentaire pour la deuxième technique :

- « splitteuse », qui requiert deux ouvriers (l'un positionne la tige sur la machine, l'autre récupère les lamelles) ;
- raboteuse, maniée par trois personnes : une charge les lamelles dans la machine, l'autre récupère les lamelles polies et la dernière collecte les déchets (en parallèle sur plusieurs machines).

Finition

- four/séchoir ;
- machines vibrantes pour polir les baguettes brutes (une personne charge puis enlève les baguettes) ;
- machines à limer et à biseauter (une personne charge les baguettes) ;
- ensacheuse (une personne).



Paramètres techniques

Selon la technique choisie, seulement 20 à 25 % de la tige sont valorisés en baguettes. Il faut donc prévoir une utilisation des autres parties et des déchets pour que la production soit rentable.

Quantité de produits par tige

› Technique n° 2

Cette technique valorise la partie médiane de la tige, soit en moyenne un tronçon de 3 à 4 m de long.

Après séchage, les baguettes perdent 45 % de leur poids d'origine car les tiges sont composées en grande partie d'eau. On compte en moyenne 10 % de baguettes brutes de qualité insuffisante pour être transformées en produits finis qui doivent être jetées.

Une tige de 25 kg permet de fabriquer 4,5 kg de baguettes brutes et 2,5 kg de baguettes finies (après séchage, polissage et taille).

Nombre de baguettes fabriquées en fonction du calibre des tiges

Circonférence de tige (cm)	24 à 26	27 à 29	30 à 32	34 à 36
Poids de baguettes brutes (kg)	2,88	3,56	4,90	6,32
Nombre de baguettes brutes	250	310	410	525
Poids de baguettes finies (kg)	1,42	1,76	2,42	3,13
Nombre de baguettes finies de 20 à 23 cm	225	280	370	475

Poids des baguettes

Nombre et poids des baguettes finies

	Baguette 20 cm dans tige petit diamètre	Baguette 20 cm dans tige grand diamètre	Baguette 23 cm dans tige grand diamètre
Poids de 100 paires après polissage (g)	550	700	900
Poids de 1 paire après polissage (g)	5,5	7	9
Nombre de paires de baguettes polies pour 1 kg de baguettes brutes	182	143	110

Remarque : les baguettes perdent 10 % de leur poids au polissage. Au moment de l'emballage, 7 à 15 % des baguettes doivent être jetées car elles ne respectent pas les critères de qualité requis.

Poids des baguettes emballées

Baguettes emballées de 23 cm	Poids
5 paquets = 300 paires	3,2 kg
1 paquet = 60 paires	640 g
1 paire	10,6 g

Paramètres économiques

Calcul de la marge pour la production de baguettes brutes

Il s'agit du calcul de la marge mensuelle sur coûts directs variables.

› Précisions préalables

Le calcul est fait pour un atelier comprenant deux scies circulaires et cinq machines à baguettes. Un atelier transforme environ 20 000 kg de matière première par jour de travail, soit 480 000 kg/mois.

L'atelier emploie 25 ouvriers, en grande partie mobilisés par le chargement et déchargement des fours. Le coût de la main-d'œuvre qualifiée est de 4,5 €/jour, et celui de la main-d'œuvre non-qualifiée de 3,4 €/jour (90 000 VND). Le « salaire » mensuel pour la production de baguettes, sur la base de 24 jours et l'atteinte du forfait, est d'environ 90 €, parfois un peu plus. Le forfait est l'objectif de production assigné au salarié qui se compte soit au nombre de baguettes brutes à produire dans la journée, la semaine ou le mois, soit en tonnes. C'est une pratique commune au Vietnam.

La technique de production n° 1 est la plus répandue : pression longitudinale des entre-nœuds pour passer dans deux petits tubes cylindriques qui découpent les baguettes au diamètre voulu.

Le prix du kilogramme de matière première est estimé en moyenne à 1 000 VND, soit 20 000 VND pour une tige de 20 kg. On compte un taux d'utilisation moyen des tiges de 20 % (20 kg de baguettes brutes/100 kg de tiges). Les baguettes brutes, non séchées, sont vendues sur place au prix de 4 200 VND/kg.

On compte ici un taux d'acceptation des baguettes brutes de 100 % (car la sélection est faite ensuite).

Calcul des coûts directs variables (CDV) mensuels



Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Total (en €)
Matière première (tiges)	kg	480 000	1 000	0,04	17 760
Main-d'œuvre (au forfait)	Ouvrier	25	2 394 000	90	2 250
CDV mensuels	**Mois**	**1**			**20 010**

Calcul de la marge sur CDV mensuelle

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Total (en €)
CDV	kg	480 000			20 010
Prix de vente des baguettes brutes	kg	96 000	4 200	0,155	14 880
Prix de vente des déchets					
Prix de vente des nœuds, base	*m^3*	*768*	*90 000*	*3,33*	*2 557*
Prix de vente des copeaux	*m^3*	*1 152*	*90 000*	*3,33*	*3 836*
Marge sur CDV					**1 264**

La marge sur CDV est faible.

Le coût de l'équipement neuf est de 3 000 € pour l'atelier et de 2 000 € pour les machines de transformation. L'amortissement des équipements (petites machines essentiellement) est calculé sur une durée de 5 ans, soit 83 €/mois.

› Éléments déterminants sur la marge sur CDV

Le coût de la matière première représente près de 80 % du CDV, alors que la production de baguettes ne valorise que 20 % du poids de la tige. Au Vietnam, cette activité est toujours associée à une autre qui permet soit d'augmenter le prix de vente des baguettes (atelier de finition), soit de valoriser les déchets et parties non utilisées (fabrication de pâte à papier ou de charbon). Les déchets doivent être vendus ou valorisés, même à bas prix (300 à 400 VND/kg), pour assurer la rentabilité de la production : ils représentent effectivement 30 % du produit brut.

Calcul de la marge pour la production de baguettes raffinées

De la même manière, on parle ici de la marge mensuelle sur coûts directs variables.

› Pour la fabrication de baguettes finies (précisions préalables)

– la matière première pour cet atelier est constituée de baguettes brutes séchées et polies, représentant 55 % du poids des baguettes brutes non séchées (100 kg de baguettes brutes, 55 kg de baguettes séchées) ;

– 18 ouvriers travaillent au séchage, au criblage, à la taille, au triage et à l'ensachage ;

– dans un atelier avec trois compartiments, la production est assurée avec deux séchoirs extérieurs, cinq cribleuses, deux tailleuses et deux machines à ensacher ;

– la matière première (baguettes séchées et criblées) est comptée à hauteur de 9 000 VND, soit 0,33 €/kg. La grande différence avec le prix de la baguette brute vient du fait que le séchage fait perdre près de la moitié du poids (45 % précisément) des baguettes.

Ainsi, une tige de 25 kg produit 5,5 kg de baguettes brutes (22 %) mais seulement 3 kg de baguettes finies (12 %), la différence étant essentiellement due à la perte en eau.

Calcul des coûts directs variables (CDV) mensuels

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total
Matière première (baguettes brutes séchées)	kg	39 936	9 000	0,33	13 179
Main-d'œuvre (au forfait)	Ouvrier	18	2 234 400	84,00	1 512
CDV mensuels					**14 691**

Calcul de la marge sur CDV mensuel

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total
Total CDV	kg	39 936	10 950	0,412	16 440
Prix de vente des baguettes	kg	39 936	12 094	0,455	18 158
Prix de vente des baguettes par paire	Paires	4 200 000	115	0,004	18 158
Marge sur CDV					**1 719**

La marge sur CDV escomptée de cette activité de raffinage des baguettes est de 0,043 € par kilogramme de baguettes raffinées.



L'ensemble de l'atelier et des équipements coûte environ 11 200 €, avec un amortissement calculé sur cinq ans, à 10 mois par an, soit 187 € par mois.

› Éléments déterminants sur le niveau de bénéfice

Il est important de limiter le nombre de baguettes rejetées au triage (moins de 5 %). De plus, vendre des baguettes ensachées par paire donne une meilleure valeur ajoutée par kilogramme ou par paire que par sacs d'une centaine de paires, et *a fortiori* qu'en sacs de 20 kg. Enfin, passer à la technologie de production de baguettes japonaises ou associées (à usage unique car vendues par paire non séparée) multiplie par deux la valeur ajoutée.

Variantes du produit

Les baguettes associées sont très demandées sur le marché japonais et leur prix de vente est deux fois plus élevé que celui des baguettes simples. Leur production nécessite des machines différentes de celles requises pour les baguettes simples.



Baguettes associées.

Pour rendre les baguettes plus solides et durables, il faut les traiter à l'eau oxygénée et les peindre. Le procédé est techniquement facile d'accès mais requiert un investissement élevé en termes d'équipements. Ces baguettes réutilisables se vendent dix fois plus cher que les baguettes finies simples.

Une autre technique consiste à partir des tiges thermo-traitées (voir Fiche n° 2 page 73) et à découper les baguettes à la main. Le prix de vente de ces baguettes plus raffinées est beaucoup plus élevé (dix fois le prix des baguettes jetables industrielles). Aussi sont-elles plutôt destinées à des clients qui préfèrent acheter peu de baguettes et les réutiliser, ou à des marchés « verts » étrangers.

Des baguettes fabriquées de façon industrielle peuvent être carbonisées/thermo-traitées. Les différentes étapes restent identiques, la carbonisation intervenant juste avant la phase de séchage.

Points d'attention

Rentabilité

Produire uniquement des baguettes n'est pas rentable, le taux d'utilisation de la tige étant trop faible pour compenser le coût des tiges. Il convient de valoriser les parties inutilisées, qui représentent en moyenne les quatre cinquièmes de la tige.

Le bas de la tige, plus épais, étant mieux valorisé dans la production de lamelles pour parquet, la production conjointe de baguettes et de lamelles offre une meilleure valorisation de la tige.

Si l'on ne peut pas mettre en place la seconde technique, qui limite le rejet des nœuds, il est essentiel de mettre en place un atelier complémentaire de valorisation de ces nœuds en les transformant en pâte à papier. Les rejets et les autres déchets (copeaux, fibres, etc.) peuvent servir de combustible écologique et gratuit pour les fours de l'atelier, ou être vendus aux ateliers spécialisés.

Odeur

Avec le système de séchage le plus usité, la fumée de combustion est envoyée directement sur les produits à sécher, leur donnant une odeur de fumée qui n'est pas forcément appréciée des acheteurs.

Sécher avec une chaudière à vapeur permet de réduire considérablement cette odeur mais entraîne un gros investissement.

Conservation

À cause du risque de moisissures, les tiges ne doivent pas être stockées plus de 8 jours avant d'être transformées, et *a fortiori* si elles ont été transportées par voie fluviale et que les conditions climatiques sont défavorables : trop de pluie ou d'humidité, ou au contraire, si l'ensoleillement est trop fort.



FICHE N° 6

Piques et bâtons

On regroupe sous cette appellation l'ensemble des produits bruts transformés en piques pour l'alimentation (piques à brochettes ou à fruits, bâtonnets à glace), en bâtons d'encens ou en cure-dents. Cette production répond à des marchés limités, marqués par une forte demande concentrée par la Chine et la Thaïlande, dont les commandes ne sont pas constantes. Cette production est peu intéressante prise seule, mais est très complémentaire des autres postes de production (baguettes, lamelles). Ces produits augmentent le taux d'utilisation de la tige en s'ajustant à la longueur des entre-nœuds ou en valorisant la partie supérieure, dont la paroi est trop mince. Couplée à d'autres, cette activité peut générer une importante valeur ajoutée.

Procédés de fabrication

Choix de la matière première

L'espèce la plus adaptée n'est pas le *Luông* (*Dendrocalamus barbatus*) mais le *Vau* (*Indosasa augusta*), plus fin et plus régulier (4 à 6 cm de diamètre et entre-nœuds plus longs, de 80 à 90 cm). Le *Luông* a des entre-nœuds plus petits (30 à 40 cm), il est plus épais et moins régulier (beaucoup plus large à la base qu'au bout). Le *Vau* est plus utilisé pour les piques et pour les lattes fines servant à confectionner des calendriers ou des stores. Toutefois, les parties supérieures des tiges de *Luông* peuvent être employées pour les piques à brochettes et les bâtons à glace, produits plus épais et de facture plus grossière.

Les bâtons d'encens sont fabriqués à partir de petits bambous à paroi fine qui poussent de façon spontanée dans les forêts naturelles.

Les piques et bâtons suivent des procédés de fabrication proches de ceux des baguettes et élargissent la gamme de produits sans nécessiter d'investissements supplémentaires en équipements. Leurs dimensions dépendent de la demande, avec des longueurs pouvant varier entre 20 et 60 cm et de 1,5 à 3 mm pour le diamètre.

Pré-transformation

Plusieurs possibilités :

- acheter des lamelles dans un atelier de pré-transformation ;
- couper des tiges au couteau ;
- faire passer les tiges dans une splitteuse pour les diviser en lamelles. Dans le cas du *Luông*, on produit par exemple des baguettes de 1,05 m de long et de 2,8 cm de large, de 0,9 cm d'épaisseur et de 250 g. À partir d'un tronçon de 10 cm de diamètre et de 4,55 kg, on obtient 8 lamelles d'un poids total de 2,05 kg. La part de déchets s'élève à 55 %.



Découpe des tiges au couteau. Patrice Lamballe, Gret.

Séchage

Les lamelles doivent être traitées au soufre pour être protégées contre les moisissures (voir Fiche n° 5 page 103).

Elles sont directement transformées en piques ou bien séchées au four ou au séchoir pour être conservées plusieurs mois avant d'être transformées. Le séchage se fait pendant 36 heures dans un four à 90 °C. Les nœuds et les déchets des ateliers servent de combustible. Le four est rechargé avec de nouvelles lamelles environ tous les deux jours.



Transformation

Un ouvrier passe les lamelles une par une, à l'horizontale, dans la machine qui les divise en piques. Un autre récupère les piques, les sélectionne et les range par paquets. Une troisième personne récupère peu à peu les déchets (sciure et autre).

Si le séchage n'a pas été fait au préalable, les piques sont mises au séchoir.

Les piques brutes sont prêtes à être vendues aux entreprises de finition par sacs de 15 à 20 kg.

Finition

› Polissage/Aiguisage

Mettre les piques dans la machine vibrante ou vibreuse : le frottement des piques les unes contre les autres entraîne leur polissage. Faire passer les piques dans une machine qui les aiguise.

› Tri

Retirer les piques qui ont des défauts (taille incorrecte, piques cassées, trouées, noircies par les moisissures ou non polies).



Tris des piques. Patrice Lamballe, Gret.

Équipements et outils

– scie circulaire ;
– splitteuse pour éventuellement diviser la tige en lamelles ;
– machines pour fabriquer les piques ;
– séchoir ;
– machine à polir ;
– aiguiseur.

Paramètres économiques

Calcul économique

Les calculs sont effectués pour un atelier de 8 employés, qui peut traiter 16 608 kg de tiges et produire 3 360 kg de piques (taux d'utilisation de 20 à 22 % environ).

Les éléments de coût qu'il faut prendre en compte sont :

– investissement initial : achat du terrain, des machines, construction de l'atelier ;
– coût de la matière première ;
– coût de la main-d'œuvre ;
– coût de l'électricité ou des combustibles nécessaires pour faire fonctionner les équipements ;
– prix du produit ;
– éventuellement, prix de vente des déchets ;
– coût du transport jusqu'aux entreprises de finition (ou compter le prix de départ).

Calcul de la marge pour la production de stores ou piques par jour

Il s'agit du calcul de la marge mensuelle sur coûts directs variables.

› Précisions préalables

L'atelier emploie 20 ouvriers rémunérés à hauteur de 3,2 €/jour (90 000 VND). Le « salaire » mensuel pour cette production, sur la base de 24 jours et l'atteinte du forfait contractualisé entre l'entrepreneur et ses ouvriers, est de 90 €.

Le kilogramme de matière première (lamelles fendues) est estimé à 2 100 VND en moyenne, et l'atelier peut environ traiter 10 000 kg de matière brute par jour (ici, baguettes fendues), soit 240 000 kg/mois. Il faut 4 kg de matière brute pour produire 1 kg de produit fini. Chaque mois, l'atelier produit 60 000 kg de piques.

Les matériels consommables sont les lames de couteaux, lames de scies et les ficelles.



Calcul des coûts directs variables mensuels

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total (en €)
Matière première (lamelles fendues)	kg	24 000	2 100	0,08	1 895
Main-d'œuvre	Ouvrier	20	2 394 000	90	1 800
Matériels consommables	kg	60 000	620	0,023	1 380
Coûts variables directs	**Mois**				**5 075**
CDV/kg de piques	**kg**				**0,08**

Calcul de la marge mensuelle sur CDV

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total (en €)
CDV	kg	60 000	10 800	0,406	24 361
Prix de vente des piques	kg	60 000	12 500	0,460	27 600
Prix de vente des déchets	kg	180 000	300	0,011	1 980
Marge sur CDV					5 219
Marge sur CDV/kg de piques		**60 000**			**0,087**

La marge sur CDV est de 0,087 €/kg de piques et de 5 219 € par mois, pour une production mensuelle de 60 000 kg de piques avec 20 ouvriers.

› Éléments déterminants sur le niveau du bénéfice

Le prix de la matière première représente 78 % des coûts directs variables, en utilisant tout au plus 60 à 65 % de portion de tige : la production associée de piques et de pâte à papier est donc essentielle pour assurer la rentabilité de cette production.

Les déchets doivent être vendus ou valorisés, même à prix bas (300 VND/kg) pour que l'activité soit rentable : ils représentent environ 7 % du produit brut, alors que la marge sur CDV est de 17,6 %.

Variantes du produit

On peut fabriquer avec le même procédé des bâtonnets de glace, des cure-dents, etc.

Produit	Dimensions (diamètre et longueur)			Gamme d'utilisation	Commercialisation	
	1,5 à 2 mm x 28 ou 32 cm	1,8 à 2 mm x 7, 28, 35 ou 40 cm	2,5, 3 ou 6 mm x 15, 20 ou 30 cm		Produit brut	Produit fini
Bâton d'encens	X	X		Bâtons d'encens pour fêtes et Têt	X	
Pique à brochettes			X	Piques pour viande grillée, brochettes, fruits, etc.	X	X
Cure-dents		X		Forme grossière ou produit plus fini, à la cannelle, etc.	X	X
Bâton à glace			X	Forme grossière	X	

Problèmes rencontrés

Cette fabrication génère une grande quantité de déchets et une faible valorisation de la tige. Il est judicieux de diversifier d'une part la valorisation de la tige en fabriquant d'autres produits, et d'autre part de transformer ou de vendre les déchets.

Il faut disposer de grandes surfaces pour faire sécher les lamelles et le séchage est difficile lorsque le climat est constamment humide ou pluvieux.



FICHE N° 7

Lamelles de parquet brutes et rabotées

Les lamelles brutes sont des pièces rectangulaires, plus ou moins grossières, issues d'une première division de la tige. Elles sont rabotées à la machine afin de retirer les aspérités et obtenir un matériau plus lisse. Les longueurs standards sont 45, 65, 100, 105 ou 130 cm pour une largeur de 28 mm. Brutes, leur épaisseur varie de 9 à 20 mm et, rabotées, de 7 à 9 mm. Elle peut toutefois être réduite à 5 mm si le client demande des produits plus fins.

Ces lamelles servent à la fabrication de parquet, de mobilier ou de l'artisanat en lamellé-collé. Elles sont souvent produites en complément des baguettes pour atteindre une utilisation optimale de la tige. L'investissement en machines est faible pour les lamelles brutes, plus élevé pour les lamelles rabotées. Cette production est prisée par les entrepreneurs car elle offre une diversification par rapport à la fabrication de baguettes. Elle augmente le taux d'utilisation de la partie inférieure et épaisse de la tige. Se lancer dans la production de lamelles rabotées nécessite d'investir dans des machines plus coûteuses (raboteuses), mais cette activité constitue une avancée technologique. Elle confère une certaine crédibilité aux entrepreneurs, et la diversification des produits qu'elle autorise permet de répondre à une grande variété de commandes.

Malgré un prix stable, mais moins que pour les tiges brutes, la production est restée rentable. Il faut cependant veiller à la qualité des tiges et des lamelles afin d'éviter les déclassements et rejets. Le marché des lamelles est limité et le prix de vente assez faible, même s'il est plus rémunérateur que celui des baguettes brutes. Les lamelles rabotées ont une plus forte valeur ajoutée et favorisent la création de plus d'emplois.

Procédés de fabrication

Propriétés idéales de la tige pour une meilleure qualité et une valorisation optimale

Partie de la tige utilisée	Âge	Calibre	Circonférence	Épaisseur de la paroi
Partie basse (premier tiers) : plus épaisse et de plus grande circonférence, elle permet d'extraire plus de lamelles en réduisant les problèmes de rotondité.	3 à 5 ans	Le plus gros possible : 100 à 120 mm	30 à 35 cm	18 à 20 mm



Les tiges doivent être âgées de 3 à 5 ans car la fibre est plus dure, plus lisse et a un meilleur aspect. Les jeunes bambous donnent des lamelles grossières et de mauvaise qualité. Lors du séchage, les lamelles rabotées provenant de tiges de moins de 3 ans se déforment et sont impropres à la transformation en lattes de parquet. Il faut éviter les lamelles de tiges ayant poussé au fond de vallées avec peu de lumière car celles-ci sont considérées comme « spongieuses ».

Il faut veiller à ce que les bambous ne soient pas plongés dans l'eau plus de deux heures – en tout cas pas plus d'une demi-journée –, car la submersion ramollit la fibre et donne un produit de mauvaise qualité. On évitera donc d'utiliser des tiges transportées par radeau.

Les tiges droites sont sélectionnées en évitant de prendre la partie courbe de la base.

L'épaisseur de la lamelle dépend du diamètre du tronçon : plus le diamètre de la tige est élevé, plus la paroi est épaisse. Ainsi, les tronçons les plus épais, issus de grosses tiges ou des parties inférieures des tiges, donnent des lamelles de 9 mm alors que les tronçons des tiges plus fines ou provenant du haut des tiges donnent des lamelles de 7 mm.

Procédés de fabrication

Production

Les tronçons de tiges sont coupés à la scie circulaire en fonction de la longueur souhaitée pour les lamelles. Les tronçons sont extraits de la partie inférieure de la tige en rejetant la base qui, bien qu'épaisse, n'est généralement pas assez droite.



Poste de découpe des tronçons. Patrice Lamballe, Gret.



Les tronçons sont alors divisés en lamelles avec la splitteuse. Le nombre de lamelles dépend de la circonférence et donc du calibre des tiges. Les ouvriers à la splitteuse changent les lames en fonction du diamètre de la tige : plus son calibre est grand, plus le nombre de lames ou compartiments de « l'étoile » utilisée augmente.



Splitteuse. Patrice Lamballe, Gret.

Les lamelles brutes sont rabotées pour bénéficier d'une meilleure valeur ajoutée. Même si elles ne le sont pas (par ceux qui ne peuvent investir dans les raboteuses), elles doivent subir un traitement et être séchées pour éviter les moisissures.

Rabotage

Les lamelles brutes sont passées dans la raboteuse quatre-faces, obligatoire pour les lamelles irrégulières en largeur provenant de la splitteuse. Les lamelles rabotées sont ensuite rangées par paquets de 50. En fonction des commandes, les lamelles épaisses sont séparées des lamelles moyennes pour fabriquer des lamelles de 9 mm et de 7 mm.

Un autre procédé, plus coûteux et dispendieux en temps, consiste à produire les mêmes lamelles rabotées en passant sur la longueur les tronçons de bambou entre deux scies circulaires. Le processus doit être répété cinq ou six fois pour faire le tour de la tige, et une raboteuse deux-faces suffit alors pour passer à l'étape lamelle rabotée. Le passage en splitteuse permet de gagner au moins cinq fois plus de temps.



Raboteuse. Patrice Lamballe, Gret.



Passage des lamelles brutes à la raboteuse. Patrice Lamballe, Gret.

Traitement au soufre

Il est utile de traiter les lamelles au soufre pour lutter contre les moisissures et les attaques d'insectes, surtout en cas d'humidité (voir Fiche n° 5 page 103), car elles sont alors plus sensibles (n'étant plus protégées par la cuticule extérieure). Il faut également les traiter si elles sont conservées longtemps avant d'être vendues.



Séchage et stockage

Pour une meilleure conservation, il faut sécher les lamelles au four/séchoir. Afin de mieux protéger les lamelles rabotées et augmenter leur valeur, on peut les faire bouillir à l'eau oxygénée. Blanchies, elles sont mieux préservées et sont vendues plus cher.

Les lamelles rabotées sont alors prêtes à être vendues aux entreprises de finition qui effectueront le collage, le ponçage, la carbonisation, le vernissage et la vente des lames de parquet.

Si l'usine de finition de parquet est éloignée, l'entrepreneur cherchera à optimiser le transport en vendant les lamelles en grandes quantités. Il lui faudra pour cela stocker les lamelles afin de disposer d'une quantité suffisante au moment de la livraison.



Lamelles rabotées prêtes pour la livraison. Patrice Lamballe, Gret.

Équipements et outils

	Scie circulaire	Splitteuse	Raboteuse 4 faces	Four/séchoir	Four de bouillage
Prix unitaire	De 500 (occasion) à 1 000 € (neuf)	de 300 à 1 000 € (occasion)	4 700 € (neuf)	2 600 € (neuf)	940 € (neuf)
Nombre d'ouvrier(e)s par machine	3	2	5		

Les raboteuses sont des machines rustiques aux dimensions adaptables à un large spectre permettant de répondre aux différentes commandes de produits. Ces machines sont facilement réparables et l'on peut trouver des pièces de rechange (moteurs) en ville. En revanche, il faut faire appel à de bons électriciens ou réparateurs afin d'adapter le circuit électrique, économiser l'électricité, trouver les pièces de rechange et faire fonctionner efficacement ce type de machine.

La longueur des lamelles ne posant pas de problème, il est important d'avoir des machines qui travaillent sur un large spectre d'épaisseur, si possible de 3 à 10 mm, pour d'une part répondre à un large éventail de demandes en produits, et d'autre part valoriser les différentes épaisseurs d'une tige, depuis la base jusqu'aux parties moyennes ou supérieures.

Paramètres techniques et économiques

Le taux d'utilisation d'une tige est de 36 % pour les lamelles brutes et de 15 % pour les baguettes brutes. Dans un atelier mixte, il peut atteindre 51 %, soit une amélioration de 29 % par rapport aux unités spécialisées en baguettes. Lorsqu'on passe aux produits plus transformés (lamelles rabotées, baguettes finies), le taux d'utilisation diminue significativement.

Avec une tige de 9 cm de diamètre, on peut fabriquer 16 lamelles brutes et 15 lamelles rabotées (perte de 7 % due aux défauts). En traitant 400 tiges par jour, on obtient 6 400 lamelles brutes et 6 000 lamelles rabotées.

Calcul économique pour une production mensuelle de 480 000 lamelles rabotées

› Précisions préalables

Le calcul est effectué pour un atelier comprenant une splitteuse, deux raboteuses et employant 20 ouvriers. La main-d'œuvre qualifiée est rémunérée à hauteur de 4,5 €/jour, la non qualifiée à 3,2 €/jour (90 000 VND). Le « salaire » mensuel, sur la base de 24 jours et l'atteinte de l'objectif de production, est de 90 € pour les baguettes et de 95 € pour les lamelles.

Chaque tronçon de tige, puis de lamelle brute puis de lamelle rabotée, mesure 130 cm. La technique de production choisie, le splittage, est la plus efficace et la plus utilisée.

Le coût du kilogramme de matière première est estimé à 1 000 VND en moyenne, soit 4 000 VND pour un tronçon de 4 kg (frais ou presque) à l'arrivée, en amont de la chaîne de production. Le taux d'acceptation des lamelles est évalué à 95 % environ (19 000/20 000). Chaque mois l'atelier peut transformer 120 000 tronçons de bambous en 456 000 lamelles.



Calcul des coûts directs variables

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total (en €)
Matière première	Tronçons	120 000	3 500	0,13	15 789
Main-d'œuvre					
Splittage	*Ouvriers*	*2*	*2 394 000*	*90*	*180*
Arrosage des nœuds	*Ouvriers*	*9*	*2 394 000*	*90*	*810*
Rabotage à la machine	*Ouvriers*	*8*	*2 527 000*	*95*	*760*
Passage au soufre	*Ouvriers*	*1*	*2 394 000*	*90*	*90*
Pierres de soufre	*Mois*	*24*	*17 179*	*0,65*	*15,5*
CDV lamelles					17 645
CDV / lamelle					0,039

Calcul de la marge mensuelle sur coûts directs variables

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total (en €)
CDV	Lamelles	456 000	1 260	0,047	21 600
Prix de vente des lamelles	Lamelles	456 000	1 400	0,053	24 000
Prix de vente des déchets	kg	156 000	400	0,015	2 346
Marge sur CDV					4 746

La marge sur CDV escomptée est de 0,010 € par lamelle et de 4 746 €/jour pour une production journalière de 19 000 lamelles avec 20 ouvriers. À noter que le coût des équipements est de l'ordre de 5 000 € pour l'atelier et de 6 400 € pour les deux raboteuses et la splitteuse.

Il faut rajouter à tout cela le coût du transport vers les usines de finition du Delta, situées à environ 150 km, soit 1,8 millions de dongs (68 €) pour 30 000 unités.

› Éléments déterminants sur le niveau du bénéfice

Le rendement (ou taux d'acceptation de la qualité) moyen est estimé à 95 %. Il faut atteindre un rendement élevé d'au moins 90 % pour garantir un bénéfice. Au-dessous de 80 à 85 % d'acceptation, l'opération n'est pas rentable.

Le prix de la matière première compte pour 73 % du prix de revient total, alors que l'on utilise tout au plus 65 % de portion de tige. Pour assurer la rentabilité de cette opération, la production associée de baguettes est essentielle, ainsi que la valorisation des déchets ou leur vente, même à bas prix (400 VND/kg). Ceux-ci représentent environ 9 % du produit brut, alors que la marge est de 18 %.

Il est important de bien prendre en compte les coûts de transport des lamelles jusqu'à l'usine du finisseur (coûts normaux et « charges extraordinaires »).

Le séchage sur place permet de récupérer une plus grande part de la valeur ajoutée du produit : prix de vente plus élevé, stockage et transport d'un plus grand volume, valorisation des déchets en combustible et aucun besoin d'utiliser du soufre pour préserver les lamelles des moisissures.

Les déchets de lamelles, une fois mis en fagots, sont bien adaptés à la production de charbon. La présence de fours à proximité pour produire ce charbon (et *a fortiori*, du vinaigre en parallèle) est un plus pour améliorer la rentabilité de la production de l'atelier.

Variantes du produit

La production de lamelles plus fines (5 mm après rabotage) ou moins larges permet d'utiliser la tige sur son deuxième tiers et de transformer des tiges de calibre réduit (70 à 80 mm).

Points d'attention

Plusieurs critères de qualité des tiges sont à prendre en compte pour la fabrication des lamelles pour parquet. Il faut ainsi éviter :

- les tiges de moindre qualité récoltées durant la saison humide et la saison de pousse. En cas de pluie qui affecte la qualité des tiges, la production de lamelles doit être interrompue ;
- les tiges de moins de trois ans impropres à la transformation. Lorsque les tiges sont achetées en grosses quantités, leur âge ne peut être vérifié et environ 20 % des tiges doivent être éliminés, ce qui occasionne une grande perte. Les tiges trop jeunes peuvent toutefois être vendues aux traders pour une revente au secteur de la construction, mais cela entraîne tout de même une perte car le prix des tiges est alors dévalué ;
- les tiges spongieuses, en provenance du fond de vallées, où il n'y a pas assez de lumière, et qui sont par conséquent de mauvaise qualité.

On peut manquer de tronçons adaptés si la demande est essentiellement tournée vers les lamelles rabotées larges et épaisses, car le nombre de tiges appropriées est alors souvent insuffisant. En effet, les tiges épaisses de gros diamètre représentent une faible proportion du peuplement récolté et vendu par chaque producteur au cours d'une année. L'atelier ne peut produire ces lamelles épaisses qu'en faible proportion.



FICHE N° 8

Parquet en lamelles

Les lames de parquet sont produites à partir de lamelles collées et pressées, dites « lamellées-collées ». Différentes couleurs de parquet peuvent être obtenues, du clair (blanc crème naturel) au plus foncé (caramel). L'investissement initial est élevé, mais le parquet est le produit provenant du bambou qui a la plus forte valeur ajoutée par kg ou m² vendu. Il est surtout vendu à l'export pour les pays du Nord. C'est un produit à haut niveau technologique et, par excellence, à haute valeur ajoutée, qui apporte une forte reconnaissance ainsi qu'une bonne renommée à l'entrepreneur. En position de négocier, voire d'imposer ses conditions, celui-ci peut alors être en mesure de travailler directement avec des sociétés de la grande distribution d'Amérique ou d'Europe et de fabriquer pour une marque donnée des produits légèrement différents et exclusifs.



Fabrication de parquet. Olivier Renard, Iram.

Préparation de la matière première

Partie de la tige utilisée	Âge minimum de la tige	Valorisation de la tige en fonction du diamètre	Épaisseur minimale de la paroi	Épaisseur de la paroi
Moitié inférieure de la tige plus épaisse pour maximiser le nombre de lamelles	2,5 ans	100 à 120 mm : 80 % 80 à 90 mm : 60 % < 80 mm : 30-40 %	5 mm	18 à 20 mm

Il est conseillé, pour bénéficier d'une meilleure qualité, de ne pas attendre trop longtemps après la coupe de la tige et de passer à la transformation le plus vite possible.

Procédés de fabrication

– acheter les tiges ;

– couper les tronçons selon la commande du client et le produit : parquet, 1 m ; meuble (fait en lamellé-collé), 1,6 ou 1,8 m ; grande table (en lamellé-collé), 2 m ;

– diviser le tronçon en lamelles dites « grossières » (car non encore rabotées) avec une « splitteuse » ;

– raboter les lamelles avec une raboteuse quatre-faces ;

– faire bouillir les lamelles dans un bassin pour réduire leur durée de séchage et les protéger contre les moisissures. Si elles ne sont pas ébouillantées, il faut doubler la durée de séchage au four. La durée d'ébouillantage dépend de la quantité de lamelles (entre 2 h et 4 h) ;

– faire sécher les lamelles dans un four entre 3 et 7 jours selon la chaleur, et de 80 à 100 °C ;

– pour obtenir des planches de couleur foncée, il faut carboniser les lamelles pendant 1 à 2 heures à une pression comprise entre 2 et 4 ou 5 atm (soit 2 à 4 ou 5 fois la pression atmosphérique normale). Plus la pression est élevée, plus la couleur est foncée. Pour des planches claires, il ne faut pas carboniser les lamelles ;

– appliquer de la colle sur les lamelles ;

– les presser et les coller en les faisant passer dans une presse pour obtenir des panneaux de grande taille. Pour fabriquer un panneau, 4 à 5 lamelles sont traditionnellement pressées. Cela dépend de l'épaisseur souhaitée par le client ;

– couper le panneau pour obtenir la dimension de la lame de parquet voulue selon la demande ;

– polir ;

– vernir.



Il existe deux sortes de lamellés-collés : lamelles pressées à l'horizontale et lamelles pressées à la verticale.

Équipements et outils

– scie circulaire ;
– splitteuse ;
– raboteuse ;
– bassin pour faire bouillir les lamelles ;
– four (séchoir) ;
– carbonisateur ;
– pressoir ;
– polisseuse.

Main-d'œuvre : pour 100 ouvriers, 10 techniciens sont nécessaires.

Paramètres techniques et économiques

Paramètres techniques

Les dimensions varient en fonction de la demande du client (majoritairement grossistes et grandes surfaces en Europe), mais la longueur ne peut pas excéder 2,2 m.

Dimensions types

Épaisseur	Largeur	Longueur	Poids au m^2	Poids au m^3
15 mm	96 mm	960 mm	12 kg	850 kg

Il est conseillé de ne pas produire uniquement du parquet à partir des tiges, mais de diversifier la valorisation : les parties les plus fines seront ainsi mieux mises à profit. L'idéal est de consacrer 50 % de la tige au parquet. Avec 150 kg de tige, si l'on ne produit que du parquet, on n'obtient que 12 kg de parquet en tant que produit fini.

Calcul économique

Coûts à prendre en compte :

– investissement initial : achat du terrain, construction de l'atelier, achat des machines ;
– matière première (X tige pour X taille d'atelier) ;
– main-d'œuvre (X employés pour X taille) ;
– énergie et transport.

Avec 100 ouvriers, dont 10 techniciens et 90 personnes sans qualification particulière, on peut produire 30 000 m^2 de parquet par an, soit 1à 1,2 m^2 par personne et par jour.

Le prix standard (le plus couramment pratiqué) était en 2012 de 1 300 USD/m^3 et d'environ 15 à 20 USD/m^2, mais il varie en fonction de la négociation.



FICHE N° 9

Lamelles tressées pour panneaux de contreplaqué

Ce sont des nattes de lamelles tressées puis superposées en couches encollées et pressées plus ou moins épaisses, utilisées soit comme panneaux muraux (deux couches), soit comme panneaux de contreplaqué (5 à 7 couches). Les nattes sont soit tressées à la main pour former des panneaux souples (panneaux muraux et parfois face extérieure des panneaux de contreplaqué), soit assemblées à la machine pour former des panneaux rigides. L'atelier qui produit ces nattes peut les vendre à une usine spécialisée dans la finition ou bien effectuer la finition sur place.

Au Nord-Vietnam, la production de lamelles tressées est assez récente par rapport à celle de baguettes et de lamelles pour parquet. Elle augmente le taux d'utilisation des tiges de 60 à 70 %. C'est également une étape vers la création d'ateliers de fabrication de produits laminés finis. Elle requiert différentes machines à des coûts limités, donc sans investissement élevé.



Poste de production de lamelles tressées. Patrice Lamballe, Gret.

Dimensions des nattes ou panneaux de lamelles tressées

	Natte pour la construction (finie)	Panneau pour le contreplaqué (fini)	Natte brute pour la fabrication de contreplaqué
Longueur (en m)	2,40	2,50	2,60
Largeur (en m)	1,20	1,25	1,30
Surface (en m²)	2,90	3,10	3,50
Poids sec (en kg)	2,70	2,80	3,00

Préparation de la matière première

La largeur standard des lamelles varie de 18 à 20 mm, avec des extrêmes allant de 12 et 27 mm. Les largeurs les plus faibles, inférieures à 15 mm, permettent d'utiliser les parois minces de la partie supérieure des tiges. Leur longueur varie de 1,3 à 2,6 m et dépend également de la demande et de la taille du tronçon de tige utilisé.

Les lamelles issues de « l'écorce », ou cuticule verte, ne peuvent être collées. Elles peuvent néanmoins être utilisées pour un type de natte particulier (produit secondaire), plus grossier, qui reste vert au départ et est utilisé comme tel en tant que paroi extérieure ou toit de bâtiments secondaires (par exemple pour la production de champignons).

Le bambou *vau* (*Indosasa augusta*) et le *nua* (*Schizostachyum* ou *Neohouzeana dullooa A.*) sont employés pour les couches externes du contreplaqué car ils sont plus fins, plus faciles à tresser et plus esthétiques. Pour les couches internes, on préfère les lamelles de *Luông*.

Il faut veiller à ce que les bambous n'aient pas été en contact avec l'eau car la submersion ramollit la fibre, ce qui donne un produit de mauvaise qualité. Il faut donc éviter d'utiliser des tiges transportées en radeau.

Propriétés de la tige pour une qualité et un taux d'utilisation optimal (60 %)

Partie de la tige utilisée	Âge	Calibre (diamètre)	Circonférence	Épaisseur
Dimensions/caractéristiques optimales	3 à 5 ans	Le plus gros possible : 100 à 120 mm	30 à 35 cm	18 à 20 mm
Dimensions/caractéristiques couramment rencontrées	3 ans	80 à 100 mm (minimum 70 mm)	25 à 30 cm	10 à 15 mm

Le taux d'utilisation de la tige est optimal pour les plus gros calibres qui fournissent un plus grand nombre de lamelles.



Production des nattes

Production des lamelles

– couper chaque tige avec la scie circulaire en tronçons de 1,30 m ou 2,60 m ;
– passer les tronçons dans une « splitteuse » qui éclate la tige en lamelles ;
– retirer au couteau le reste des nœuds qui dépassent vers l'intérieur ;
– diviser les lamelles en deux dans l'épaisseur à l'aide d'une machine, fendeuse, spécifique ;
– diviser à nouveau les lamelles en deux dans l'épaisseur pour obtenir des lamelles encore plus fines (il existe aussi des machines qui divisent directement en quatre).



Passage des tiges à la splitteuse. Patrice Lamballe, Gret.



Premier passage des lamelles dans la fendeuse. Patrice Lamballe, Gret.



Fendeuse. Patrice Lamballe, Gret.

Tressage ou assemblage

Le tressage à la main (dans deux directions et sans fil) est plus esthétique. Les nattes tressées à la main sont utilisées pour la couche extérieure du contreplaqué et pour les nattes murales. Les nattes assemblées à la machine (de manière unidirectionnelle et par fil) servent pour les couches internes.



Tressage à la main sans fil. Patrice Lamballe, Gret.





Tressage à la machine. Patrice Lamballe, Gret.

Séchage

Les nattes sont séchées au soleil entre un jour et un jour et demi avant d'être vendues à l'usine de finition du contreplaqué. Si le taux d'humidité est élevé, *a fortiori* s'il pleut continuellement ou s'il faut attendre avant de transporter les nattes, l'usage d'un séchoir est recommandé afin d'éviter l'apparition de moisissures.

Le séchage à l'air libre suffit pour la production de panneaux muraux. Mais pour la production de contreplaqué, il faut utiliser un séchoir. En effet, le séchage à l'air n'empêche pas les moisissures de se développer, ce qui gêne la bonne pénétration de la colle. Le séchage au four prévient les moisissures.

La qualité d'une natte est déterminée par trois critères principaux :

- l'âge de la tige, qui doit être d'au moins trois ans ;
- la qualification des ouvriers, qui doivent être habiles à tresser les nattes à la main ou à la machine ;
- les conditions de séchage.

Finition

› Panneaux muraux

Un panneau mural est composé de deux couches encollées et pressées.

› Panneaux de contreplaqué

- faire sécher les nattes au séchoir pour empêcher l'apparition de moisissures (si elles ont auparavant été séchées uniquement au soleil) ;
- appliquer un film plastique sur les deux couches externes avec une machine pour donner un aspect lisse et vernis, notamment lorsqu'elles servent de panneau de coffrage, puis les faire sécher ;
- tremper les différentes nattes dans de la colle avant de les passer dans la presse ;
- presser ensemble les nattes de la couche interne avec de la colle (3 ou 5 nattes croisées perpendiculairement dans les deux directions afin d'augmenter la robustesse) ;
- presser les deux nattes des couches externes avec les nattes des couches internes ;
- couper les bords pour obtenir une planche de contreplaqué bien rectangulaire et aux dimensions standard. Les épaisseurs les plus fréquentes sont 12 mm (5 couches au total) et 18 mm (7 couches).

Équipements et outils

L'équipement d'un atelier pouvant transformer environ deux cents tiges par jour est le suivant.

› Pré-transformation

- scie circulaire (1) ;
- splitteuse (1), avec différents couteaux en fonction des diamètres de tiges ;
- machine qui divise les lamelles en deux (2) ;
- machine qui divise les demi-lamelles en deux (7) ;
- machine (améliorée) qui divise directement les lamelles en quatre ;
- machine à tresser les lamelles (4), de deux dimensions différentes (1,3 et 2,6 m) ;
- machine à découper de façon rectiligne et aux dimensions exactes.

› Finition

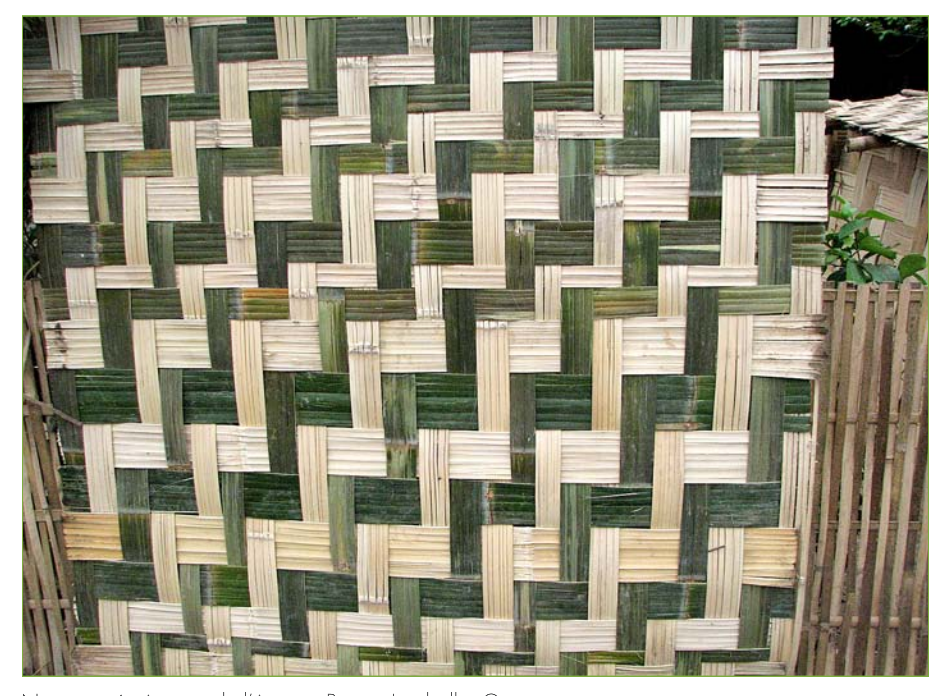
- séchoir (1 ou plusieurs en fonction du volume à traiter) ;
- machine (bain chauffant) à coller (1) ;
- machine à presser (1) ;
- machine à découper pour donner la forme rectangulaire standard (1).



Paramètres techniques et économique

Données techniques

La production de lamelles tressées valorise entre 60 et 75 % de la tige, selon qu'on utilise ou non la cuticule externe (« l'écorce »). Les nattes tressées à partir de l'écorce ont un autre aspect et servent pour un autre usage (couverture de petits bâtiments ne devant pas être totalement hermétiques, comme ceux utilisés pour la culture de champignons). Elles se vendent à un prix plus élevé.



Natte tressée à partir de l'écorce. Patrice Lamballe, Gret.

Sur les 40 % de ce qui reste de la tige, dans le cas où on n'utilise pas l'écorce, 70 % sont des déchets valorisables en pâte à papier ou combustibles, notamment en briquettes : écorces, lamelles cassées, bases et extrémités de tiges. Le reste est perdu en poussière et en évaporation. En effet, le bambou arrive à un taux d'hygrométrie proche de 50 % pour se stabiliser ensuite à environ 15 %. Une natte fraîche pesant 5 kg perdra 40 % de son poids au séchage, et pèsera donc 3 kg une fois sèche.

À partir d'une tige on produit en moyenne 2,5 nattes de 3 m^2.

La fabrication des nattes ne requiert pas de technique de conservation compliquée. Elle produit moins de déchets que la fabrication de baguettes, mais autant que celle de lamelles ou de systèmes associant lamelles et baguettes.

Les nattes se vendent plus cher que les baguettes et les lamelles. La valeur ajoutée reste cependant plus faible que celle du parquet (voir Fiche n° 8 page 133). Si les panneaux sont vendus à une entreprise de finition, il faut tenir compte du coût du transport et donc de la distance jusqu'à celle-ci, car le prix d'achat fixé est toujours estimé sur le produit rendu usine.

Même si l'investissement initial est bien plus élevé, il est plus avantageux de produire soi-même le contreplaqué pour éviter les coûts de transaction et de transport et bénéficier ainsi de la valeur ajoutée du produit fini. Cela permet aussi de traiter directement avec de nombreux clients grossistes et de ne pas dépendre d'un ou deux finisseurs en situation de monopole.

Calcul économique

Les éléments de coût à prendre en compte pour la pré-transformation en nattes sont :

- les investissements initiaux : achat du terrain, des machines, construction de l'atelier ;
- le coût de la matière première ;
- le coût de la main-d'œuvre : il faut compter les ouvriers mais aussi le personnel pour transporter les tiges et celui pour la gestion administrative ;
- le coût de l'électricité ou des combustibles nécessaires pour faire fonctionner les équipements ;
- le prix des intrants comme le fil pour le tressage ;
- le transport.

On considère qu'il s'agit ici d'un atelier équipé d'une scie circulaire, d'une splitteuse, de 3 raboteuses, de 2 machines qui divisent les lamelles en deux, de 7 machines qui divisent les demi-lamelles en deux et de 4 machines à tresser les lamelles. Cet atelier peut traiter 4 800 tiges par mois et produire 12 000 nattes, cela avec 40 ouvriers et 10 autres employés chargés de porter les tiges et de s'occuper des tâches administratives. Un ouvrier produit en moyenne 12 nattes par jour.



Taux de valorisation des tiges pour la fabrication de nattes

Les données présentées dans ce tableau sont tirés d'une série de mesures réalisées à chaque étape du processus de transformation de 40 tiges. Le tableau présente les chiffres pour 200 tiges, qui correspondent à la capacité journalière de transformation de l'atelier.

Principaux postes ou critères	Unité	Quantité	Prix / unité	Prix (en €)	Total (en €)
Nombres de tiges (matière première)	Tiges	200	23 600	0,87	174,8
Poids total de la matière première	kg	4 500			
Poids par tige	kg	22,5			
Nombre de nattes produites	Nattes	526	15 000	0,55	290
Nombre moyen de nattes par tige		2,6	15 000	0,55	1,45/tige
Poids d'une natte fraîche	kg	5,2			
Poids d'une natte séchée	kg	3,0	5 000	0,18	
% de poids sec	%	58			
Poids total de nattes produites	kg	2 710			
Taux d'utilisation de la matière première	%	60,2			

Les mesures montrent que :

- le poids sec des nattes représente 58 % du poids des nattes fraîches ;
- une tige, dont le poids est en moyenne de 22,5 kg, permet de produire 2,6 nattes (13,5 kg de poids frais) ;
- le taux d'utilisation de la tige est de 60 %, proportion assez élevée par rapport aux autres productions présentées dans ce guide ;
- le reste peut être utilisé comme combustible pour le séchoir ou pour la pâte à papier ;
- les différents déchets de production sont vendus au prix de 400 VND/kg ;
- les nattes sont vendues au prix de 7 500 VND/kg sur place et 8 500 VND/kg à la ville où est réalisée la finition, qui se situe à 500 km de là.

› Précisions préalables

Le coût journalier de la main-d'œuvre est de 2,8 €/jour (70 000 à 80 000 VND), soit 67,2 €/mois

On compte une moyenne pour les nattes courtes et longues, produites en même quantité. Il faut en effet disposer en alternance et de façon perpendiculaire ces deux types de nattes afin de donner plus de robustesse aux panneaux finis.

Le kilogramme de matière première est estimé à 1 000 VND en moyenne.

Le taux d'acceptation des lamelles est évalué de façon très élevée, proche de 100 %, car contrairement aux lamelles de parquet qui doivent toutes être correctes, les petits défauts sont ici acceptés, chaque panneau comprenant plusieurs couches avec collage d'un vernis de chaque côté. Par ailleurs, la dimension esthétique est moins importante que pour les panneaux de parquet.

Calcul des coûts directs variables mensuels

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total (en €)
Matière première	Tiges	4 800	23 600	0,89	4 259
Main-d'œuvre	Ouvriers	40	1 787 520	67,20	2 688
Fil pour tressage	Journée	24	65 000	2,40	58
Maintenance et réparations	Journée	24	500 000	18,50	444
Autres frais directs	Journée	24	120 000	4,50	108
CDV					**7 556**
CDV/natte		**12 624**			**0,60**

Calcul de la marge mensuelle sur coûts directs variables

	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total (en €)
CDV	Nattes	12 624	19 160	0,72	9 093
Vente des nattes*	Nattes	12 624	21 000	0,79	9 966
Vente des déchets	kg	30 240	400	0,02	455
Marge sur CDV					1 328
Marge sur CDV/natte		**12 624**			**0,105**

* Le prix de vente annoncé correspond au tarif une fois le coût du transport vers l'usine déduit.



La marge sur CDV escomptée est de 0,1 € par natte tressée et de 1 328 € par mois, pour une production journalière de 526 nattes pour 40 ouvriers. Le coût des équipements (la fendeuse) est de l'ordre de 11 000 €. En comptabilisant un amortissement des équipements sur 5 ans d'utilisation, l'amortissement mensuel sera de l'ordre de 183 € par mois.

› Éléments déterminants sur le niveau de marge sur CDV

Le rendement de production évalué est assez élevé, avec 526 nattes produites par jour et 13 nattes en moyenne par ouvrier. Il est primordial de fidéliser et de garder les ouvriers qui ont l'expérience et le savoir-faire, et de limiter leur renouvellement. En effet, si pour une même quantité de matière première le rendement diminue de 10 à15 %, la production passe alors rapidement en-dessous du seuil de rentabilité.

Les déchets doivent être vendus ou valorisés, même à prix bas (400 VND/kg pour la pâte à papier), afin d'assurer la rentabilité de la production. Ils représentent environ 4 % du produit brut, alors que la marge sur CDV n'en représente que 13 %.

› Conseils supplémentaires

Le séchage sur place doit permettre de récupérer une plus grande part de la valeur ajoutée du produit : prix de vente un peu plus élevé, stockage et transport d'un plus grand volume, valorisation des déchets en combustible pour le séchoir et peu de dépendance vis-à-vis des périodes humides qui obligent parfois à retarder le transport d'un chargement entier.

Il faut un nombre suffisant de machines et d'ouvriers pour remplir rapidement un camion et éviter le développement des moisissures en période humide. Cela représente l'équivalent de deux chaînes de production en parallèle, et de quatre machines à tresser qui fonctionnent simultanément.

Points d'attention

Lors de l'achat, il n'est pas toujours possible de trier avec précision les tiges en fonction de leur âge, car les producteurs ne bénéficient d'aucune incitation pour le faire (notamment par les prix). Or, les tronçons de moins de trois ans inadaptés au tressage génèrent des pertes s'ils ne sont pas revendus comme étais et échafaudages. En situant son atelier sur une route fréquentée, on peut acheter les tiges par camion entier puis revendre les rebuts aux camions de passage.

Les machines commercialisées ne sont pas toujours adaptées au bambou géant tropical, qui est dur au niveau des nœuds. Il faut alors faire appel à des mécaniciens pour les adapter.

L'essentiel des tâches est réalisé grâce à des machines, et les autres opérations dépendent fortement de la vitesse à laquelle elles avancent et de leur fonctionnement. L'entrepreneur doit tenir compte de cette contrainte dans l'organisation du travail et peut être amené à imposer une journée chômée s'il n'y a pas d'électricité durant plus de la moitié de la journée.



FICHE N° 10

Briquettes de sciure compressée combustible

Les briquettes sont fabriquées à partir de sciures de bambou compressées. Elles ont été développées pour valoriser l'importante quantité de sciures des ateliers. Cette production est restée marginale au Nord-Vietnam du fait des difficultés de séchage de la sciure dans cette zone humide, de l'existence de sources de combustibles peu coûteuses (bois mort, charbons en nid d'abeille, etc.) et de la forte demande en pâte à papier dont la production constitue pour la sciure un autre débouché. L'investissement initial se limite à l'achat de presse chauffante. La rentabilité dépend du prix de la sciure et de son taux d'humidité (plus il est élevé, plus la quantité d'énergie consommée sera grande).



Fabrication de briquettes de sciures de bambou compressées. Patrice Lamballe, Gret.

› Avantages et inconvénients des briquettes de sciures

Les briquettes sont un combustible de forme cylindrique, d'un diamètre de 5 à 10 cm et d'une longueur variant entre 20 et 40 cm pour un poids de 1 à 2 kg. Elles ne doivent pas être confondues avec les briquettes de charbon, produites par carbonisation des déchets issus de la transformation. Ces dernières contiennent du carbone presque pur et ne produisent pas de fumée, contrairement aux briquettes de bambou compressé (voir Fiche n° 11 page 157).

Elles remplacent en partie le charbon produit avec du bois coupé dans les forêts. Elles limitent la déforestation et les émissions de carbone qui y sont liées, mais aussi les efforts nécessaires pour collecter le bois. Elles favorisent également le recyclage des déchets des ateliers et une meilleure valorisation de la matière première. La pollution de l'eau et de l'atmosphère, liée au rejet des déchets dans les cours d'eau ou à leur combustion, est ainsi limitée. Brûler les déchets entraîne en effet un volumineux rejet de CO_2 dans l'atmosphère.



Montagne de sciure à proximité d'un atelier de transformation du bambou. Patrice Lamballe, Gret.

Avec une durée de combustion plus longue que celle du charbon de bois ou du bambou pour un prix presque équivalent, elles permettent aux usagers du charbon de faire des économies pour les cuissons prolongées. Le pouvoir calorifique des briquettes est de l'ordre de 7 000 kJ/kg, contre 8 000 kJ/kg pour le charbon semi-actif, et de 7 500 kJ/kg de charbon compressé.



Attention toutefois, car elles dégagent plus de fumée que le charbon du fait de leur teneur plus élevée en cellulose, en impuretés et en eau.

Les vertus écologiques des briquettes doivent de plus être nuancées : en cas d'exportation ou de transfert loin de la zone de production, les émissions de carbone dues au transport peuvent annuler les effets positifs liés à l'évitement de la déforestation et de la combustion du bois de forêt.

Préparation de la matière première

La sciure provient principalement des ateliers de transformation du bambou en baguettes et lamelles de parquet, qui génèrent de grosses quantités de sciure. Elle doit être fine et homogène. Pour cela, le mieux est de la collecter directement à la sortie de la machine qui scie des tronçons, première étape de la production de baguettes et de lamelles de parquet. La sciure se conserve aussi longtemps que nécessaire avant d'être transformée, mais doit être séchée avant d'être compressée pour la fabrication des briquettes.

Équipements et outils

- four/séchoir pour le séchage de la sciure ;
- cribleuse pour séparer les impuretés et les éléments trop grossiers ;
- broyeur, en cas de déchets trop grossiers ou trop hétérogènes ;
- machine à compresser, presse chauffante avec trémie d'alimentation (1 400 € en 2008). Cette machine peut être fabriquée dans des ateliers de mécanique où sont manufacturées des machines pour produire de la briquette de balle de paddy compressée ;
- scie électrique pour une coupe propre de chaque tronçon, si c'est pour l'exportation.

Fonctionnement de la presse

Trémie recevant la matière première
Moteur 11 kW
Courroie
Tableau électrique
Briquette
Pied
Transmission
Vis
Boucle chauffante

Procédés de fabrication

Le séchage

Le séchage est indispensable pour éviter que les briquettes ne se fissurent et s'effritent. Deux techniques peuvent être mises en œuvre.

› Le séchage à l'air

La sciure est étendue au soleil sur une bâche jusqu'à ce qu'elle atteigne un taux d'humidité de 13 à 15 %. Ce taux d'humidité est difficile à obtenir en cas d'humidité élevée de l'air, ou de pluie (80 à 90 %). Il faut, en outre, être en mesure de traiter de grandes quantités de sciure, ce qui requiert de la main-d'œuvre et rajoute des coûts élevés. Si l'on veut produire beaucoup, ou si l'on se trouve dans une zone humide, il est recommandé de privilégier le séchage mécanique, au four, en vérifiant au préalable la rentabilité de ce procédé.

› Le séchage au four

Ce procédé consiste à faire sécher la sciure pendant une journée dans un four à 100 °C. Il est coûteux en énergie et en argent, sauf si l'on dispose sur place d'une grande quantité de déchets utilisable comme combustible. Il y a aussi la solution, *a priori* légèrement moins coûteuse en main-d'œuvre, consistant à faire sécher la



sciure dans la même machine ou sur la même chaîne, en amont du processus de pressage. Le séchage mécanique, au four ou séchoir, indépendant ou intégré, est indispensable dans le cadre d'une production industrielle.

La transformation

- allumer la machine et faire monter la température. Au bout de 15 minutes, elle atteint 100 °C ;
- verser la sciure dans la trémie et faire fonctionner la machine ;
- de longues barres de sciure compressée sortent de la machine. Avec deux barres de fer, rompre les barres de sciure selon la taille souhaitée pour les briquettes.

> Si le séchage a été insuffisant et que la sciure est encore trop humide, ou bien si celle-ci a été exposée durant le pressage à une chaleur excessive, la briquette risque de se fissurer.
>
> Plus la sciure est humide et hétérogène, moins le processus est efficace : la matière première est moins valorisée et la production prend plus de temps. La briquette de mauvaise qualité doit alors repasser dans la trémie pour qu'elle soit compressée à nouveau. Cela fait augmenter les coûts de production, de main-d'œuvre et d'électricité jusqu'à un prix pouvant devenir prohibitif.

Paramètres techniques et économiques

Les briquettes peuvent se conserver un an à compter de leur fabrication.

Plus le taux d'humidité de la matière première est élevé, plus le pressage dure longtemps et plus les coûts en matière première, en main-d'œuvre et en énergie sont élevés. Avec 100 kg de sciure homogène et un taux d'humidité faible (13 à 15 %), on obtient 94 kg de briquettes en un temps de pressage de 94 minutes, soit une briquette par minute (1 briquette = 1 kg). En revanche, si le taux d'humidité est élevé, le rendement est plus faible : on obtient seulement 88 kg de briquettes pour 100 kg de sciure, et il faut 127 minutes pour les presser (soit 0,7 briquette de 1 kg par minute). Dans les deux cas, il faut 14 kW d'énergie, soit 0,15 kW par briquette d'un kilogramme.

Petit calcul économique (base pour un business plan)

Les éléments de coût de production d'un kilogramme de briquette à prendre en compte sont :

– les investissements initiaux (achat du terrain, des machines, construction de l'atelier) ;
– la sciure, incluant le coût de chargement et de transport si elle n'est pas produite sur place ;
– la main-d'œuvre (ouvriers pour le séchage de la sciure et pour le fonctionnement de la machine) ;
– l'électricité ou les autres sources d'énergie nécessaires pour faire fonctionner les équipements.

› Précisions préalables

– calcul pour 1 heure de travail, environ 60 kg de matière première et 50 kg de sciure pressée ;
– 58 kg de sciure au départ donnent 52 kg de produit fini (sciure pressée) ;
– le kilogramme de matière première (sciure de bambou) est ici compté au prix de 600 VND (0,02 €) afin de tenir compte du coût de chargement et de transport de la sciure ;
– le séchage se fait de façon manuelle lorsque les conditions météorologiques sont favorables ;
– la rémunération de la main-d'œuvre qualifiée est estimée à 4,5 €/jour.

Calcul des coûts directs variables

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total (en €)
Matière première (sciure)	kg	58	600	0,02	1,28
Main-d'œuvre	Heure	1,00			
Séchage de la sciure		*0,60*	*700*	*0,03*	*0,02*
Travail de pressage		*0,40*	*700*	*0,03*	*0,01*
Coûts directs variables					**1,30**
CDV/kg		**52**			**0,03**



Calcul de la marge sur coût directs variables

	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total (en €)
CDV	kg de sciures	58			1,30
Prix de vente	kg pressés	52	2 000	0,075	3,91
Marge sur CDV			**200**	**0,007**	**2,61**

La marge sur CDV escomptée est de 0,05 €/kg et près de de 2,61 €/h, ou de 19,56 €/jour. Le revenu par heure est doublé si ce poste est pris en charge par l'un des deux ouvriers travaillant à la presse. L'électricité représente une charge particulièrement lourde pour cette activité (0,59 €/heure) et a une incidence forte sur le bénéfice.

› Éléments déterminants sur le niveau du bénéfice

Le principal poste de dépenses reste le transport de la sciure. Là encore, l'opération est surtout rentable lorsqu'elle est faite sur le lieu de production des baguettes. L'activité est aussi en compétition avec la production de pâte à papier, qui valorise les mêmes déchets.

Le deuxième poste de dépenses est lié au séchage de la sciure : il faut par conséquent obtenir au départ une sciure peu humide et prévoir une aire de séchage. De même, il faut jouir d'un temps favorable, peu humide, peu pluvieux et peu variable. Des bâches sont indispensables pour recouvrir rapidement la sciure en cas de pluie.

Une sciure pas assez sèche doit être passée deux fois dans la presse, ce qui double les coûts d'électricité et de main-d'œuvre pour le pressage.

Étant donné le faible niveau de marge, l'équipement doit être fiable, facile à réparer en cas de problème, adapté à cette matière première et à grosse capacité pour plus d'efficacité.

Variantes du produit

Caractéristiques techniques de matériaux de construction

Produits	Intérêt intrinsèque	Avantages comparatifs	Inconvénients	Remarques
Briquette carbonisée (avec le four servant à produire le charbon)	Renforcer la valeur ajoutée du produit	Sa combustion ne dégage aucune fumée	Requiert une étape supplémentaire Trous et fissures dans le produit fini	
Briquette issue d'autres déchets broyés (nœuds…)	Valoriser d'autres déchets		Requiert une étape supplémentaire : le broyage	Les déchets peuvent être transformés en pâte à papier, plus rentable
Charbon en vrac (voir Fiche n° 11 page 157)		Processus plus simple et moins coûteux	Plus de fumée Durée de combustion plus courte	

Points d'attention

Humidité et séchage

Le séchage est une étape indispensable qui peut s'avérer difficile et coûteuse. Il faut bien évaluer la faisabilité technique et la rentabilité financière de cette activité, qui peut varier considérablement d'un site à l'autre.

Qualité et homogénéité de la sciure

La sciure doit être homogène pour garantir des briquettes de qualité et doit être collectée à un seul et même endroit pour toujours avoir les mêmes propriétés. Si elle est hétérogène, les briquettes vont se compresser moins facilement et il faudra les repasser plusieurs fois dans la machine.

Équipements et électricité

Les équipements manquent de fiabilité car les machines utilisées sont adaptées à une matière première plus homogène et à un taux d'humidité plus faible que celui que requiert la sciure de bambou. En effet, elles sont initialement prévues pour presser de la balle de paddy.

Les machines doivent fonctionner en continu sur de longues périodes, ce qui pose un problème dans les pays où les coupures d'électricité sont fréquentes.



FICHE N° 11

Charbon combustible

La production de charbon à partir des déchets de transformation du bambou constitue une alternative intéressante à la transformation de ces déchets en pâte à papier, surtout du point de vue environnemental. Si cette production est très développée en Chine, qui exporte plus de cent mille tonnes de charbon de bambou chaque année, elle reste marginale au Nord-Vietnam. De nombreux essais de production ont néanmoins été effectués et la plupart des paramètres sont maîtrisés. La demande et les marchés identifiés lors des appels d'offres sont immenses. Aujourd'hui, le principal obstacle à son développement est l'insuffisante capacité des entreprises vietnamiennes à investir pour produire des volumes adaptés aux demandes des importateurs.

En fonction du mode de cuisson (hermétisme du four, température et durée de la cuisson), trois types de charbon peuvent être produits à partir des déchets de bambou :

– le charbon « combustible », utilisé notamment pour la cuisson des aliments, obtenu à partir d'un processus de carbonisation de 48 heures à une température entre 400 et 550 °C ;
– le charbon « semi-actif », utilisé pour ses capacité d'absorption (voir Fiche n° 12 page 167), obtenu par le même processus de carbonisation, suivi d'une phase de raffinage à une température de 600 à 1 000 °C pendant 8 à 10 heures ;
– le charbon « actif », dont les capacités d'absorption sont encore plus élevées. Il est obtenu à partir d'un raffinage réalisé pendant 200 heures dans des fours industriels à une température de plus de 1 000 °C. L'investissement initial étant trop élevé pour les petits ateliers, le processus de fabrication de ce produit n'est pas présenté dans ce guide.

Le charbon pour combustible provenant du bambou *Luông* se présente sous de multiples formes : tubes d'une longueur de 20 cm et d'un diamètre de 3 à 6 cm, granulés (commercialisés en sacs de 5, 15 ou 25 kg) ou bien charbon en vrac provenant de déchets de différentes formes et tailles. On peut aussi fabriquer du charbon en poudre et le vendre sous forme de poudre pressée, selon une forme déterminée en fonction des besoins de l'entreprise ou de la compagnie qui l'utilisera pour la combustion.

Le charbon de bambou est un combustible respectueux de l'environnement et non nocif pour la santé. Il remplace le charbon de bois et ne dégage ni fumée, ni odeur, ni substance toxique. De plus, il possède une haute valeur de combustion (pouvoir calorifique de l'ordre de 7 500 kJ/kg), ce qui permet de chauffer plus vite les aliments tout en utilisant moins de charbon. Il peut donc bien sûr être valorisé efficacement comme combustible pour les barbecues.

Préparation de la matière première

On utilise les tiges trop petites pour être transformées ou encore les déchets des ateliers de transformation : souches, bases, nœuds, déchets de lamelles et sommets des tiges.

Pour produire du charbon en tube, on coupe les tiges en tronçons (10 à 15 cm de long pour les tiges de petit diamètre et 20 à 25 cm pour les plus grosses). Pour obtenir des lamelles de charbon, on fend les tronçons en deux ou trois avant de les mettre au four.

Comme pour la fabrication de parquet, contreplaqué ou autres produits thermo-traités, il faut que ces tiges soient au moins âgées de deux ans et demi à trois ans, le mieux étant quatre ans. Cela doit être pris en compte lors de la sélection de la matière première, car il est préférable de favoriser les déchets liés à la production de lamelles qui utilisent des tiges mâtures.

Les déchets et tronçons utilisés doivent provenir de tiges fraîchement récoltées. Les déchets ne doivent pas être séchés avant la carbonisation. Au contraire, ils doivent être humides car leur combustion produira de la vapeur d'eau et la chaleur augmentera plus progressivement. Plus les déchets sont secs, plus le risque d'explosion et de fissuration augmente et plus la qualité du charbon diminue. Il faut donc procéder le plus rapidement possible à la carbonisation après l'obtention des déchets, car plus l'on attend, plus le bambou se détériore.

Procédés de fabrication

Chargement dans le four

Sélectionner les tiges et déchets. On peut les regrouper en fagots, notamment lorsqu'il s'agit de déchets de lamelles. Les charger dans le four en laissant un espace libre de 50 cm entre la « porte » du four (faite de briques après chargement de la matière première) et les tiges/déchets pour pouvoir faire brûler le combustible.



Il est conseillé de faire une « grille » en briques ajourées entre la matière première et le combustible afin d'augmenter l'efficience de la combustion et de l'utilisation de combustible.

Disposer les matériaux de meilleure qualité au fond du four et ceux de moins bonne qualité près de la porte du four ; les déchets petits et minces en bas du four et les déchets gros et épais en haut. Cela facilite le processus de séchage grâce à une meilleure circulation de l'air chaud et à une plus grande homogénéité de la température et du produit fini.



Fours en brique. Patrice Lamballe, Gret.

Séchage

Le séchage dure 48 heures et s'effectue à une température comprise entre 120 et 220 °C.

On chauffe d'abord lentement le four. Durant cette première période, une fumée blanche laiteuse sort du four. Puis la chaleur se diffuse et le bambou commence à brûler.

Les nœuds provenant des ateliers sont utilisés comme combustible. En effet, ils sont peu pratiques pour servir de matière première à la production de charbon : ils prennent beaucoup de place dans le four, étant à moitié ou aux deux-tiers vides, et sont difficiles à utiliser ensuite.

Pour cinq tonnes de déchets, qui produiront environ une tonne de charbon, une tonne de combustible est nécessaire.

Pré-carbonisation

Elle se déroule dans le four à une température d'environ 200 °C pendant 48 heures. Les impuretés se désintègrent facilement : elles s'échappent de la base de cellulose du bambou et sortent du four sous forme de vapeur. La fumée est d'abord de couleur jaune, puis noire, puis de nouveau jaune.

Si on le souhaite, on peut extraire le vinaigre quand la fumée redevient jaune (voir Fiche n° 13 page 177).

Carbonisation

Elle s'effectue pendant 48 heures à une température comprise entre 400 et 550 °C. La cellulose est désintégrée par la chaleur et la matière se transforme en charbon. La fumée est d'un blanc pur. À la fin de cette étape, une poudre blanche s'échappe et sèche l'eau qui se trouve autour de la cheminée, produisant ainsi de la cendre.

On couvre la porte de la cheminée à l'apparition de la cendre et on ferme hermétiquement la porte du four.

Refroidissement

Laisser le four refroidir progressivement pendant 3 à 5 jours. On peut verser de l'eau sur le sommet et les parois du four pour accélérer le refroidissement.

Déchargement, contrôle, emballage

Attendre que la température baisse jusqu'à moins de 50 °C pour pouvoir travailler dans le four et en retirer le charbon. Contrôler ensuite l'apparence et les propriétés physiques du charbon en fonction des exigences du client, puis emballer le charbon selon la demande des consommateurs. Pour faire des économies, on peut utiliser des sacs d'une contenance de 15 à 20 kg ayant déjà servi pour l'engrais ou la provende animale.

La poudre de charbon peut être compressée pour servir de combustible ménager ou pour les barbecues.

Équipements et outils

Les fours utilisés au Nord-Vietnam servent aussi bien pour la production de charbon combustible que pour celle de charbon semi-actif. Ils sont habituellement fabriqués avec de la brique pleine, de la terre argileuse et du sable. Lorsque cela est possible, d'autres matériaux sont ajoutés (brique réfractaire).

Le prix d'un four au Nord-Vietnam est estimé à 900 € (coûts de la brique et de la main-d'œuvre en 2013). Le montant de l'investissement dépend essentiellement du prix de la brique, qui représente plus de la moitié du coût (brique de dimension normale, pleine, avec si possible adjonction de brique réfractaire).





Construction d'un four en brique. Patrice Lamballe, Gret.

Composition idéale des quatre couches du four, en partant de l'intérieur

Couche	Forme/taille	Matériau	Remarques
1ère couche	Ovale	Briques réfractaires, c'est-à-dire ayant une forte résistance à la chaleur	Absorbe rapidement la chaleur pour que le four atteigne sa température optimale le plus longtemps possible sans que les briques craquent. Le four est plus solide et plus dur.
2e couche		Laine de verre	Empêche la chaleur de traverser la paroi du four, augmente la rapidité du four et sa capacité d'accumulation de chaleur.
3e couche	Très épaisse	Terre mélangée avec les cendres du four ou sable fin	Assure que l'air ne sorte pas et contribue à l'isolation de la chaleur.
4e couche	Très épaisse et très solide	Briques et ciment ou terre	Requiert une étape supplémentaire : le broyage.

Paramètres techniques et économiques

Il faut cinq tonnes de déchets pour produire une tonne de charbon pour combustible. Plus la température de carbonisation est élevée, plus on obtient de cendres et moins on obtient de charbon. Pour une même quantité de matière première, on récolte un peu plus de produit en fabriquant du charbon combustible qu'en fabriquant du charbon semi-actif.

Avantages du charbon de bambou

Par rapport au charbon de bois, le charbon de bambou présente plusieurs avantages :

- sa capacité calorifique est supérieure grâce aux conditions de production anaérobies des fours utilisés ;
- il contient moins de matière non carbonisée (cendres) ;
- ses capacités de combustion sont plus élevées ;
- il est souvent plus « propre » car il a une teneur moindre en toxines (azote par exemple) ou en métaux lourds, nocifs pour la santé et l'environnement ;
- il est considéré comme plus esthétique car il conserve l'apparence lisse et cylindrique des tiges.

Qualité et puissance calorifique de différents types de charbon

Type de charbon	Taux de pureté en %	Taux d'impuretés en %	Puissance calorifique en kJ/kg	Remarques
Charbon de bambou	87	13	6 500	Charbon de qualité produit dans un four de briques réfractaires.
Charbon de bois	78	22	6 000	
Charbon de mine	74	26	6 700	Dégage du soufre et de l'azote, contrairement au bambou.
Charbon de mine broyé	60	40	4 500	

Le bambou contient des sucres et des protéines. Lorsque les sucres se consument, ils produisent une fumée contenant des acides organiques mais peu de produits chimiques et pas de métaux lourds.



Calcul économique

La production de charbon à petite échelle est un moyen rentable de valoriser les déchets. Elle requiert un investissement limité à la construction d'un four en brique.

Cette activité peut convenir aux agriculteurs qui souhaitent obtenir des revenus complémentaires à une échelle artisanale ou plus large. Le plus important est de s'assurer de la demande, et le plus gros défi consiste à trouver un débouché adapté et durable pour la production.

› Exigences de départ

- un capital d'investissement modéré (coût de fabrication du four en brique) ;
- un terrain pour les fours ;
- un apport régulier de matière première ou de déchets de bambou ;
- une équipe formée aux techniques nécessaires ;
- des infrastructures locales suffisantes pour transporter le bambou et les produits finis (si lieu différent de celui où le bambou est transformé) ;
- une stratégie marketing et de développement efficace.

Les tronçons de tige peu transformés ayant conservé leur forme cylindrique sont plus coûteux et plus encombrants. Il est préférable d'utiliser les déchets de lamelles, moins chers car peu utilisables pour une autre transformation, hormis en pâte à papier, et moins encombrants donc valorisant mieux le volume du four.

Les données sont sensiblement les mêmes pour le charbon combustible et le charbon semi-actif. En effet, les mêmes conditions doivent être réunies pour produire un charbon de qualité et bénéficier d'un prix de vente correct.

› Éléments déterminants pour le niveau du bénéfice

Pour la matière première, il faut valoriser les déchets (600 VND/kg) et ne pas se servir de tiges entières (1 000 VND/kg) car cela ne serait pas du tout rentable.

Une partie de la main-d'œuvre est dédiée à la surveillance du cycle de combustion. Ce poste de dépense peut être rentabilisé en mettant plusieurs fours en service à la fois.

Il est également intéressant de produire différents types de charbon (combustible, semi-actif) pour être plus réactif aux évolutions du marché et valoriser au mieux les produits qui sortent du four (charbon de cuisson, charbon en tube, charbon en vrac ou tout-venant et charbon en poudre).

Le charbon reconstitué sous différentes formes (cubes, cylindres, nid d'abeille) à partir du charbon en poudre doit se vendre à un prix plus élevé (coûts supplémentaires en broyage, liant et pressage).

Variantes du produit

Le charbon de bambou se présente sous différentes formes :

Produit (description)	Intérêt intrinsèque	Avantages comparatifs	Inconvénients	Remarques (évolutions, perspectives)
Charbon classique de bambou utilisé comme combustible	Remplace le charbon de bois, se consume bien, sans odeur, sans fumée.	Fort potentiel sur le marché.	Faible valeur marchande. Prix peu compétitif (en fonction du contexte).	S'il est de qualité et produit dans de bonnes conditions, sans substance toxique.
Charbon de bambou semi-actif	Remplace le bois, se consume bien, sans fumée, odeur ni substances toxiques. Capacité d'absorption.	Valeur marchande élevée et fort potentiel sur les marchés japonais, coréen et taïwanais.		Il nécessite des tiges de qualité, fraîches et âgées au moins de 3 à 4 ans.

Commercialisation

Afin d'assurer la rentabilité et la durabilité de la production et de la commercialisation du charbon, il est recommandé de diversifier au maximum l'offre de produits.

Prix FOB[1] du charbon (Hai Phong-Vietnam)

Charbon en tube	R0,7-0,8 USD/kg
Charbon en morceaux	0,5 USD/kg

1. *Free On Board*, c'est-à-dire le prix de départ sur le bateau qui inclut le transport et taxes douanières jusqu'à l'embarquement.

En comparaison, le rapport INBAR de 2003 indique un prix de 350 USD/tonne FOB pour le charbon de bois destiné aux barbecues.

Points d'attention

Les principaux déterminants de la qualité du charbon sont :

– la qualité de la matière première. Les tiges doivent être âgées de plus de trois ans et ne pas être spongieuses ou attaquées par les insectes ;
– la disponibilité en matières premières ou déchets.



Les principales limites au développement de cette activité sont :

– les capacités de financement ;
– la compétitivité du charbon de bambou par rapport aux autres combustibles disponibles localement. Au Nord-Vietnam par exemple, le prix du charbon de bambou est peu compétitif par rapport à celui du charbon de bois provenant de la destruction des forêts naturelles ou de la récupération des souches d'essences industrielles (eucalyptus, acacia, etc.).



FICHE N° 12

Charbon semi-actif

Le charbon semi-actif est obtenu en ajoutant une étape au processus de fabrication du charbon combustible : le raffinage. Il peut se vendre à des prix plus rémunérateurs que le charbon combustible et génèrer une plus forte valeur ajoutée. Les caractéristiques spécifiques du charbon semi-actif le rendent très compétitif, très apprécié et très demandé dans les pays d'Asie du Nord-Est. Toutefois, la demande portant presque exclusivement sur d'importants volumes, la capacité des petites entreprises à pénétrer ce marché est limitée car ces dernières ont des difficultés à répondre à une telle demande.

La production de charbon actif est également intéressante car elle possède un fort potentiel de développement (rien qu'au Vietnam, plus de 90 % du charbon actif – carburants, alimentaire, pharmaceutique, etc. – doit être importé de l'extérieur). Elle nécessite toutefois de très lourds investissements que ne peuvent supporter les petites entreprises.

Le charbon actif, ou charbon activé, est un matériau essentiellement constitué de matière carbonée à structure poreuse qui lui confère un fort pouvoir absorbant. On parle de charbon semi-actif lorsque les conditions de carbonisation ne sont pas suffisamment maîtrisées (faute de technologies adaptées) pour atteindre un pouvoir absorbant optimal. Les fours à charbon fabriqués au Nord-Vietnam permettent ainsi de produire du charbon semi-actif, et ses propriétés absorbantes restent suffisamment adaptées pour la plupart de ses usages classiques. En Asie du Nord-Est, il est utilisé pour désodoriser les réfrigérateurs ou les pièces de la maison, purifier l'eau des aquariums, absorber les rayons magnétiques, les gaz nocifs, la radioactivité naturelle ou tout autre rayonnement tellurique. Il peut également servir de rétenteur/diffuseur, de fertilisant et d'antiparasite pour les plantes d'intérieur. Enfin, comme additif à leur nourriture, il améliore la digestion et la résistance des animaux aux maladies.

Le charbon semi-actif issu du bambou *Luông* se présente sous de multiples formes : tubes d'une longueur de 20 cm et d'un diamètre de 3 à 6 cm, morceaux de 2 à 3 cm vendus en sacs de 3 kg, granulés (sacs de 5, 15 ou 25 kg), ou encore charbon disposé dans des paniers en forme de nids d'abeille d'un kilogramme. On peut fabriquer du charbon en poudre et le vendre sous forme de poudre pressée dans une forme déterminée. Les paniers de charbon sont par exemple utilisables

pendant 6 à 8 mois comme déodorisant ou déshumidifiant pour une pièce. Il suffit de placer 150 à 200 g de charbon semi-actif dans un réfrigérateur, un cagibi ou un aquarium pour en chasser les odeurs pendant un mois.

Ce charbon semi-actif peut également servir de matière brute pour les entreprises qui produisent du charbon actif.



Préparation des paniers de tubes de charbon de bambou. Patrice Lamballe, Gret.

Préparation de la matière première et transformation

La préparation de la matière première et les procédés de début de fabrication sont identiques à ceux du charbon combustible. Mais, après la carbonisation, le charbon est raffiné à haute température (600 à 1 000 °C pendant 8 à 10 heures).

Lorsque le four est fermé (combustion anaérobie), sa chaleur continue d'augmenter. Elle peut atteindre 1 000 °C si le four est totalement hermétique (four industriel). Dans les fours en brique, l'usage de laine de verre et de briques réfractaires permet d'atteindre au moins à 600 °C et de garantir ainsi une assez bonne qualité de charbon.

Le refroidissement se fait en 3 à 5 jours. Quand la température baisse jusqu'à moins de 50 °C, on peut retirer le charbon du four.

L'apparence et les propriétés physiques du charbon sont contrôlées en fonction des exigences du client ou des paramètres de contrôle-qualité (attention au mélange avec de petits morceaux de brique cassée). Il faut par exemple trier les morceaux et les répartir par taille et forme (cribleuse).



Puis il faut enlever la suie qui se trouve sur les morceaux de charbon avant de l'emballer. Les tubes et lamelles peuvent être rangés en paniers. Le charbon issu des autres déchets peut être transformé en granulés ou broyé pour obtenir de la poudre. Selon la demande des consommateurs, on peut emballer les granulés ou la poudre dans des sacs ou des cartons (attention ici à ce que ces derniers soient propres ou neufs). Il faut également étiqueter les emballages en indiquant le type de charbon et les propriétés techniques.



Tris et coupe des tubes de charbon semi-actifs. Patrice Lamballe, Gret.



Différents types de produits à base de charbon de bambou. Patrice Lamballe, Gret.

Équipements et outils

La construction du four est décisive car elle détermine la qualité du charbon. Le four se construit sur le même modèle que celui présenté dans la fiche 11 (voir page 157), mais avec un enjeu d'hermétisme plus important. Pour que l'activation du charbon soit optimale, le four doit répondre à cinq critères :

- hermétisme total, ou presque, pour empêcher l'air et la chaleur de sortir ;
- résistance à de très hautes températures (plus de 1 000 °C), pour ne pas se fendre ou se casser ;
- absorption rapide de la chaleur pour que la température du four atteigne rapidement son maximum ;
- forte tolérance à la pression pour résister à la force propulsive de l'air chaud ;
- forte épaisseur et solidité pour empêcher que le four craque, fissure, voire explose.

Paramètres techniques et économiques

Il faut environ cinq tonnes de matière première pour produire une tonne de charbon semi-actif.

Le charbon semi-actif est composé de nombreuses matières minérales marquées par une grande porosité. Celle-ci permet d'atteindre une surface de 100 à 200 m² par gramme de charbon semi-actif. Plus la température est élevée, plus le pourcentage de cendre et de carbone augmente, et moins on obtient de charbon à partir d'une quantité donnée.

Principales propriétés du charbon en fonction de la température de carbonisation

Indice	Charbon en morceaux issus des bouts de tiges carbonisés entre 700 et 800 °C	Tubes de charbon de haute qualité issus des petites tiges carbonisées entre 900 et 1000 °C	Charbon en morceaux issus des nœuds carbonisés entre 900 et 1000 °C
Humidité (%)	< 10	< 5,5	< 8
Cendre (%)	< 8	4	< 8
Impuretés (%)	< 10	4	10
Carbone (%)	> 82,05	> 90	> 85
Concentration pH (%)	7,7	6,7	7
Calorie (kcal/kg)	> 6 500	> 7 500	> 6 500



Comparaison des principales propriétés de trois types de charbon

Indice	Charbon semi-actif en tube	Charbon de déchets, semi-actif compressé	Charbon actif industriel
Humidité	< 8 %	< 10 %	< 7 %
Contenu de cendre	< 5 %	< 7 %	< 3 %
Contenu de carbone	> 85 %	> 80 %	> 95 %
Valeur de combustion	> 8 000 kJ/kg	> 7 500 kJ/kg	
Surface d'absorption	> 150 m²/g		> 1 000 m²/g

Prix d'après le rapport INBAR 2003 :

– charbon de bambou semi actif : 420 USD/ tonne FOB ;
– charbon de bois pour barbecue : 350 USD /tonne FOB.

Prix payé à un atelier de la province de Thanh Hoa en 2014 :

– charbon de bambou semi-actif conditionné et sorti de l'atelier : 8 000 VND/kg, ou 500 USD/tonne ;
– charbon de bambou semi-actif, prix FOB : estimé à 550 USD/tonne.

› Calcul de la marge sur coût direct variable de la production mensuelle de charbon de bambou semi-actif : précisions préalables

Le calcul est réalisé ici pour un four de capacité interne de 10 m³ pouvant recevoir une quantité de matière première (déchets de bambou) d'environ 2,5 à 3 tonnes.

– un cycle (*batch*) dure de 12 à 15 jours et va du début du chargement du four à la fin du déchargement, ou mise en sac, à partir du moment où l'on peut charger à nouveau. Il est ainsi possible de réaliser deux cycles par mois ;
– le kilogramme de la matière première (partie du bambou ou déchet servant à produire du charbon) et du combustible (nœuds le plus souvent) est ici compté au prix de 600 VND (0,02 €) ;
– la main-d'œuvre qualifiée est comptée à 6,8 €/jour, celle non qualifiée à 4,5 €/jour ;
– les sacs (équivalent sacs d'engrais) peuvent contenir en moyenne 20 kg de charbon de bambou.

Calcul des coûts directs variables mensuels

Principaux postes	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total (en €)
Matière première (bambou)	kg	5 000	600	0,023	112,8
Combustible pour four (nœuds)	kg	1 000	600	0,023	22,6
Main-d'œuvre	Jours	20		-	112,8
Chargement du four		*3*	*120 000*	*4,511*	*13,5*
Mise à feu et gestion du four		*10*	*80 000*	*6,767*	*67,7*
Déchargement et mise en sac		*7*	*120 000*	*4,511*	*31,6*
Achat des sacs de charbon	Sacs de 20 kg	50	4 000	0,150	7,5
CDV					**255,6**
CDV/kg					**0,26**

Calcul de la marge brute sur CDV mensuelle

	Unité	Nombre d'unités	Prix unitaire (en VND)	Prix unitaire (en €)	Montant total (en €)
Prix de revient total	kg de charbon	1 000	6 800	0,256	255,64
Prix de vente	kg de charbon	1 000	8 000	0,301	300,75
Marge brute sur CDV	**kg de charbon**	**1 000**			**45,11**
Marge brute sur CDV/kg de charbon					**0,045**

La marge brute sur CDV est de 0,045 €/kg, 22,6 € par cycle ou 45,1 €/mois pour un four de 10 m^3.

› Éléments déterminants sur le niveau du bénéfice

On compte ici un rendement de 20 % (500 kg de charbon sur 2 500 kg de matière première). Il faut qu'à la fin du cycle toute la matière première soit transformée en charbon. Si, par exemple, 10 à 15 % n'atteint pas la qualité charbon, le bénéfice est réduit à zéro. Si le prix de vente est inférieur à 6 800 VND/kg, la marge brute devient négative.



La rentabilité dépend fortement du coût de la matière première et du combustible. Le four doit être construit sur place pour être rentable. Si ce n'est pas le cas, les coûts de chargement et de transport risquent de réduire le bénéfice à zéro.

Conseils supplémentaires

Un four tel que celui utilisé par l'entreprise X5 (voir étude de cas page 38), composé de deux « étages » ou deux portes de chargement, fait gagner du temps en chargement/déchargement et diminue les coûts/pénibilité.

La production de vinaigre peut potentiellement fournir un bénéfice supplémentaire.

Variantes du produit

Le charbon de bambou se présente sous différentes formes :

Produit (description)	Intérêt intrinsèque	Avantages comparatifs	Inconvénients	Remarques
Charbon classique de bambou utilisé comme combustible	Remplace le charbon de bois, se consume bien, sans odeur, sans fumée	Fort potentiel sur le marché	Prix peu compétitif (en fonction du contexte)	S'il est de qualité et produit dans de bonnes conditions, sans substance toxique.
Charbon semi-actif : poudre, tube, morceaux, granulés, briquettes	De nombreuses formes pour de multiples usages	Fort potentiel sur le marché	Valeur marchande moyenne	
Charbon actif industriel	Voir encadré page suivante			
Biochar : charbon biologique de haute qualité, issu de la gazéification de déchets de bambou	Améliore la fertilité du sol, lui procure des nutriments et maintient l'équilibre du taux d'humidité : compost ou horticulture.			Le biochar est obtenu en brûlant la sciure de bambou ou les déchets issus du charbon, le plus souvent dans un gazéificateur.

› Produits dérivés

Le vinaigre de bambou (voir Fiche n° 13 page 177).

Le charbon actif de bambou industriel

Les fours industriels produisent un charbon de meilleure qualité, dit « actif », grâce à une température et une pression plus élevées et homogènes (raffinage pendant 200 heures à plus de 1000 °C). La surface d'absorption du charbon dépasse les 1 000 m²/g, contre 100 à 200 m²/g pour le charbon fabriqué de façon non industrielle, qualifié de « semi-actif » du fait de ses propriétés plus modérées. C'est une technologie onéreuse, mais la valeur du charbon actif industriel est sensiblement plus élevée.

Le charbon actif offre de nombreux usages. Il est employé dans les matelas et coussins pour stimuler la circulation du sang, améliorer le sommeil et le métabolisme ou contrôler le ronflement. En médecine, il est utilisé pour éliminer les produits toxiques de différents médicaments, désinfecter les plaies, filtrer les toxines du sang et traiter les empoisonnements. Dans les équipements et systèmes de traitement de l'eau, on l'emploie pour éliminer les produits toxiques et les rayons radioactifs. Il sert aussi de fertilisant pour les plantes ornementales ou de catalyseur dans l'industrie de transformation, notamment de pièces précieuses. Il sert aussi dans les raffineries de pétrole pour la purification et la coloration des carburants, ainsi que dans l'industrie alimentaire, par exemple pour le blanchiment du sucre de canne.

La Chine et le Japon sont les principaux pays producteurs de charbon actif de bambou. Quatre provinces du sud de la Chine concentrent 90 % de la production mondiale, soit 40 000 tonnes de charbon actif par an. Le transport des tiges sur de longues distances étant difficile, la plupart des entreprises chinoises sont de petite taille et se concentrent dans les régions montagneuses des forêts de bambou ou dans les zones de transformation des tiges pour obtenir les déchets.

Le Japon, la Corée du Sud, Taïwan et la Chine sont les plus gros consommateurs de charbon de bambou actif ou semi-actif. Les Japonais en font usage dans la vie quotidienne : ils purifient l'eau potable, en mettent dans l'eau de cuisson du riz ou dans le riz conservé et en déposent sous le parquet ou derrière les panneaux muraux pour réduire l'humidité. Ils s'en servent également pour enlever les odeurs du réfrigérateur et en mettent également dans les coussins, les oreillers et les matelas. En Corée, il est plutôt utilisé pour le barbecue tandis qu'en Chine son usage commence à se répandre.

La consommation du charbon de bambou connaît un accroissement rapide et constant et des entreprises européennes et nord-américaines ont récemment commencé à importer du charbon de Chine.

« En Chine, les agriculteurs produisent du charbon pendant leur temps libre et une société de marketing leur achète le charbon pour le revendre ou développer les produits. Cette entreprise pourrait être détenue par la communauté, afin de maximiser les investissements et les revenus. »

Traduit du rapport INBAR.



Points d'attention

› Principaux déterminants de la qualité du charbon

- la construction du four : il faut utiliser des briques réfractaires pour que le four soit vraiment hermétique, autrement le charbon ne sera pas assez activé ;
- la maîtrise du processus de combustion : si la température est trop forte, le bambou peut se fissurer. Si elle est trop faible, le charbon sera de mauvaise qualité ;
- la qualité de la matière première : les tiges doivent être âgées de plus de trois ans et ne pas être spongieuses ou attaquées par les insectes.

› Possibles difficultés

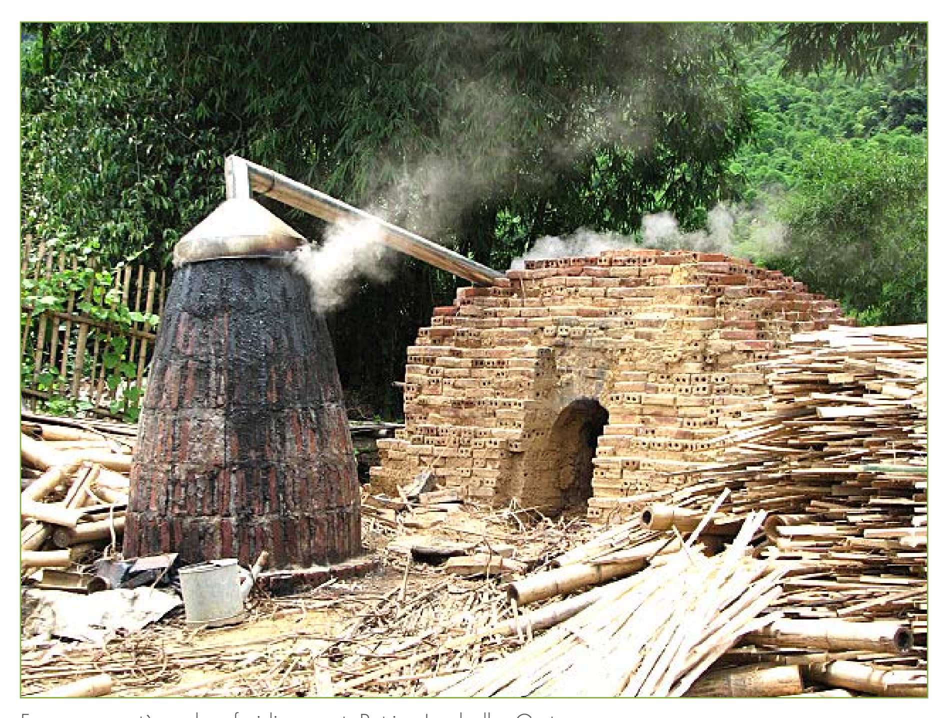
- les capacités de financement et de production (en plus du fonds de roulement) sont souvent limitées par rapport à une demande qui se fait toujours par dizaines de tonnes ou plusieurs conteneurs. Les petits producteurs ou entrepreneurs ne sont pas financièrement en mesure de répondre à ces demandes ;
- l'absence de méthodes d'analyses précises et peu coûteuses permettant de démontrer localement la qualité du produit ;
- la concurrence avec des pays bien plus avancés sur les plans industriels et technologiques, et en matière d'organisation des ventes et des marchés (la Chine par exemple).



FICHE N° 13

« Vinaigre » de bambou

Le vinaigre de bambou est un sous-produit de la fabrication du charbon et dont la production n'est pas encore maîtrisée. Il dispose d'un marché potentiel intéressant et permettrait d'augmenter la rentabilité du processus de production de charbon.



Four avec système de refroidissement. Patrice Lamballe, Gret.

En dehors de la Chine, la production de vinaigre de bambou est artisanale ou à titre expérimental. Ce produit est cependant cité dans la littérature et est assez couramment utilisé dans d'autres pays asiatiques, en tant que tel ou après transformation. On manque de données précises sur la composition du vinaigre produit localement à partir du *Luông*.

Le vinaigre de bambou est un liquide huileux visqueux, caractérisé par une forte odeur de brûlé, issu de la combustion du charbon. Communément appelé « vinaigre », car composé à près de 80 % d'acide acétique, il contient une grande quantité de substances phénoliques et d'acides organiques. Brut, il requiert des technologies plus élaborées pour le filtrage et l'extraction de vinaigre standard. Purifié, il contient 10 à 20 % de matières organiques. Il peut être transformé en produits phénoliques mixtes ou raffinés pour produire de l'acide acétique, de l'acide propionique, de l'acide butyrique, du carbinol et des solvants organiques.

Au Japon, il est principalement employé en médecine (traitement du diabète) ou pour le bien-être (stérilisation, désodorisation, traitement des dermatophytoses et lutte contre les inflammations de la peau). Il servirait également à éliminer les odeurs persistantes dans les fermes et à produire pour l'agriculture un fertilisant peu toxique et hautement efficace. En Chine, il sert également de savon, de shampooing ou de composant pour les parfums.

Il contiendrait également un pesticide biologique. Ainsi, en Jordanie et en Arabie Saoudite, le vinaigre de bambou se serait révélé plus adapté que les pesticides classiques pour venir à bout d'un insecte destructeur de milliers d'hectares de palmiers-dattiers. Des sociétés de production d'aliments pour animaux s'intéressent également à ce produit, que l'on pense susceptible de faciliter l'assimilation des aliments par le porcelet.

Préparation de la matière première

Ce produit étant très lié à la production de charbon de bambou, il faut se référer à la Fiche n° 11 page 157.

Il convient de sélectionner avec soin la matière première à partir de tiges fraîchement récoltées si l'on veut produire du vinaigre. La plus grande partie de la vapeur doit être récupérée par condensation grâce à un système de refroidissement qui amène la vapeur formée dans le tuyau jusqu'au récipient qui recueille le liquide. Cette étape est importante à la fois sur les plans quantitatifs et qualitatifs : il faut en effet être sûr que l'on recueille bien les molécules qui sont les plus utiles dans ce vinaigre (molécules organiques).



Procédés de fabrication

Chargement dans le four

– sélectionner les tiges et déchets ;
– les charger dans le four (voir Fiche n° 11 page 157).

Séchage

Le séchage se fait entre 120 et 220 °C pendant 48 h :

– chauffer lentement le four pour éviter que la rapide augmentation de chaleur et de pression conduise au craquement des matériaux. Une fumée blanche laiteuse sort du four durant cette première période ;
– faire brûler le combustible : la chaleur se diffuse d'abord, puis le bambou commence à brûler.

Pour cinq tonnes de déchets, qui produiront 80 à 100 kg de vinaigre, il faut une tonne de combustible (on utilise les nœuds et les souches provenant des ateliers).

Pré-carbonisation

La pré-carbonisation se fait à 200 °C pendant 48 h.

Les impuretés qui se désintègrent facilement s'échappent de la base de cellulose du bambou et sortent du four sous forme de vapeur. La fumée est d'abord de couleur jaune, puis noire, puis de nouveau jaune. Il faut extraire le vinaigre quand la fumée redevient jaune après avoir préparé un équipement adapté au four produisant le charbon (tuyau de condensation).

Condensation et recueil du « vinaigre »

L'équipement consiste en un tuyau, si possible en inox, assez long pour favoriser la condensation et possédant une partie supérieure ouverte en entonnoir pour recueillir l'essentiel de la vapeur.

Ce système peut ne pas être suffisant pour recueillir l'essentiel de la vapeur, surtout en période chaude. Il faut donc y ajouter un dispositif pour arroser et refroidir en permanence le tuyau en inox afin d'augmenter le rendement et recueillir l'essentiel des molécules potentiellement présentes dans le bambou.

Équipements et outils

Le tube et sa collerette recueillant la fumée ont une longueur d'environ 3 m et un diamètre de 15 cm. Un arrosage régulier permet de favoriser la condensation. Dans les pays où l'eau est facilement accessible, comme au Nord-Vietnam, une petite moto-pompe électrique et un tuyau souple en plastique suffisent. Le vinaigre

peut être recueilli dans des jerricans de 10 ou 20 litres, de façon à être facile à manipuler ou à transporter.

Un éventuel travail de (re) distillation peut être fait avec un alambic normal comme celui servant, dans de nombreuses régions d'Asie, à préparer l'alcool de riz. En revanche, du fait de la forte odeur de brûlé du vinaigre et des molécules chimiques qu'il contient, il est préférable de ne pas utiliser le même alambic. Une solution consiste à valoriser un bassin ou réservoir d'eau et de faire passer un tuyau au travers. Le vinaigre est ensuite distillé sur un réchaud ou un foyer amélioré d'un côté, et le liquide obtenu est alors recueilli dans un jerrican disposé de l'autre côté du réservoir.

Paramètres techniques et économiques

Il faut cinq tonnes de déchets pour produire environ 80 à 100 kg (ou 80 à 100 l) de vinaigre. La (re) distillation diminue par deux la quantité finale recueillie. Le rendement en vinaigre dépend de trois éléments :

– des déchets de bambou frais ;
– d'une bonne gestion de la combustion ;
– du système de refroidissement du tube permettant de condenser l'essentiel de la vapeur et de recueillir le maximum de liquide en quantité et qualité.

Nous ne proposons pas ici de calcul économique pour deux raisons : la première est que la fabrication du vinaigre est totalement dépendante de celle du charbon, et la seconde est que nous ne connaissons pas son prix de vente, brut ou distillé, ce dernier étant encore produit à titre expérimental.

La production de vinaigre dégage un bénéfice net (ou presque) qui vient compléter celui de la production de charbon en plus d'assurer la rentabilité de celle-ci, dont la marge est très faible.

La production de charbon de bambou peut dégager un bénéfice net d'une quinzaine d'euros par cycle de quinze jours ou de 30 € pour l'utilisation d'un four sur un mois. Avec l'hypothèse d'une vente du vinaigre à 0,35 €/l, le bénéfice supplémentaire serait de 30 à 35 € par cycle, soit le double de la seule production de charbon.

Variantes du produit

Le vinaigre se présente sous deux formes différentes qui dépendent du produit principal qui doit en être extrait : acide acétique, autres acides organiques, insecticide biologique ou encore molécules pouvant être intégrées à de l'alimentation animale.



› Produits dérivés : le vinaigre distillé

Le vinaigre distillé n'est pas plus demandé mais présente une apparence plus pure et plus limpide, d'une couleur jaune clair. On ignore par contre quelle proportion de molécules reste dans la version distillée.

Problèmes rencontrés

– la maîtrise du processus de combustion ;
– un système de refroidissement pour obtenir une condensation optimale ;
– la capacité de production (en plus du financement du fonds de roulement), souvent inférieure par rapport à une demande qui se fait toujours par plusieurs milliers de litres ;
– la certification du produit (et possibilités d'analyses précises sans être trop coûteuses) ;
– la composition biochimique du vinaigre de bambou est encore mal identifiée et doit être soumise à des analyses au spectromètre de masse.



Points clés pour le démarrage et le fonctionnement d'une entreprise de transformation

Une entreprise qui veut se lancer dans la transformation du bambou doit se poser des questions, à la fois concernant le démarrage de son activité mais également son fonctionnement. Elle se doit d'anticiper son activité et les problèmes qui ne manqueront pas d'apparaître. Nous passons ici en revue les principaux points que l'entrepreneur doit prendre en compte avant de se lancer dans l'activité et tout au long de celle-ci.

S'assurer un approvisionnement régulier en matière première

Le bambou se récolte en théorie neuf mois sur douze (la récolte étant déconseillée pendant la période de développement des jeunes pousses). Au Vietnam, mais cela peut être aussi le cas dans d'autres pays, les plantations sont gérées par les paysans comme une source de trésorerie et les coupes se font de manière irrégulière en fonction des besoins de celle-ci.

Attention : la gestion des flux est un élément-clé de l'approvisionnement en matière première.

Pour sécuriser le rythme de son approvisionnement, l'entreprise peut passer des accords avec les producteurs et leur verser des avances sur récolte. La gestion durable des plantations de bambou est également un enjeu majeur, et l'entreprise peut développer des accords avec les producteurs pour les inciter à aller dans ce sens, comme par exemple en pratiquant des prix suffisamment hauts et en valorisant les tiges de plus de trois ans.

Les contacts avec les collecteurs, qui transportent les tiges par camion ou par radeaux, sont déterminants pour bénéficier d'un approvisionnement régulier et de qualité spécifiée. La mise en place d'un système d'avance aux fournisseurs assure la priorisation et la rapidité des livraisons. Il est souhaitable de ne pas s'adresser aux mêmes collecteurs que les autres entreprises de la même zone afin d'éviter les ruptures d'approvisionnement.

Connaître son marché et les conditions de vente

Lorsque l'entrepreneur élabore son projet, il est important pour lui de rechercher toutes les sources possibles d'information et d'appui afin de les solliciter et d'évaluer la faisabilité du projet. La connaissance précise du marché est incontournable.

Pour toute nouvelle opportunité, il importe de se renseigner sur les marchés du produit, sur les acheteurs, les prix pratiqués dans le secteur et leur évolution intra et interannuelle. Cela est d'autant plus important dans le cas de marchandises pour lesquelles des équipements spécifiques devront être acquis.

S'il est toujours possible de rechercher de précédentes études de marché ou de les réaliser, le plus efficace reste d'être inséré dans les réseaux afin d'être tenu informé des tendances mais aussi des principaux « pièges » à éviter lors du lancement de l'entreprise (quels clients ne payant pas leurs livraisons sont par exemple à éviter). La participation à des foires ou expositions est aussi un bon moyen de s'informer sur les tendances du marché et l'état de la concurrence.

L'objectif est d'installer l'entreprise sur la base de premières commandes fermes (voir plus loin la partie sur les points à vérifier lors d'une commande) afin d'éviter de se retrouver avec des livraisons impayées.

On prêtera une grande attention aux garanties offertes par le contrat (paiement d'une avance, avance en trésorerie ou prêt d'équipements). Le fait d'être en contact avec les autres entreprises de la zone (dans une association professionnelle par exemple) donne accès aux informations concernant les acheteurs, leurs exigences ainsi que la façon dont ils traitent leurs fournisseurs. Certains d'entre eux ont en effet des délais de paiement excessifs ou des pratiques très préjudiciables pour les entreprises (pas de paiement avant une nouvelle livraison par exemple).

Gérer sa qualité

C'est un élément essentiel soit pour conserver les marchés existants et les prix, *a fortiori* en période de moindre demande, soit pour s'intégrer à la filière afin de bénéficier d'une meilleure valeur ajoutée. La qualité est gérée tout au long du processus : matière première, approvisionnement, transformation, stockage et vente.

Cela requiert, tout au long de cette chaîne de valeur et sur la base des exigences des marchés finaux, de bien connaître le cahier des charges des produits finaux et de l'appliquer dès l'achat de la matière première. Aussi est-il souhaitable de réfléchir dès le départ à la mise en place d'un système de traçabilité réalisable.

La qualité des approvisionnements a un coût car tous les produits n'exigent pas des bambous de la même qualité. Il est possible de s'entendre avec les autres ateliers de la place pour se répartir les différentes qualités de tiges en fonction des produits fabriqués.



Recruter la main-d'œuvre et la fidéliser

Situées dans les zones rurales, les petites entreprises de bambou ont des difficultés à recruter de la main-d'œuvre, tant des ouvriers de base que des plus qualifiés. Dans ces conditions, la fidélisation des ressources humaines est un véritable enjeu.

L'expérience a souvent montré que parmi les facteurs essentiels au démarrage ou au développement d'une entreprise (matière première, ressources humaines, finances, marchés, équipements, etc.), *a fortiori* en zone éloignée, ce sont, au-delà des capacités de l'entrepreneur lui-même, les qualifications des techniciens et ouvriers qui sont le facteur limitant le plus important.

Pour avoir une base de discussion, il est possible de s'informer sur la politique des ressources humaines de la zone (salaires, avantages offerts par les autres ateliers, etc.).

Pour fidéliser la main-d'œuvre, les entreprises utilisent plusieurs leviers : garantir des salaires corrects et compétitifs avec ceux pratiqués dans la région, proposer des solutions en termes de logement, de restauration, de sanitaires, voire de déplacement. Elle doit également faciliter la formation de ses salariés et leur fournir les équipements de protection indispensables.

L'actionnarisation peut, comme au Vietnam, être une des voies permettant de responsabiliser et de conserver ses ressources humaines les plus qualifiées et stratégiques. En effet, dans ce genre de pays et ce type d'entreprise, tous les salariés s'intéressent au résultat, car ils sont rémunérés en fonction de la production.

Pour ne pas perdre une partie de ses ouvriers, et en particulier les techniciens qualifiés, l'entrepreneur valorise les périodes de plus faible production par diverses actions : travaux de maintenance du matériel et formation du personnel, opérations souvent délaissées durant les pics de production, mutualisation de la main-d'œuvre avec d'autres entreprises ou encore recherche de diversification des productions dans la filière bambou, voire avec d'autres filières (négoce par exemple).

Choisir l'emplacement de l'atelier

Le terrain

L'emplacement de l'atelier est primordial. Un terrain adapté doit pouvoir supporter l'extension de cet atelier et être à proximité des voies de transport pour l'approvisionnement (route ou cours d'eau) et la commercialisation.

Il est souvent plus intéressant de s'installer à proximité des principales zones de plantation, les terrains y étant en général moins chers. De plus, parce qu'il est parfois nécessaire de sélectionner la matière première sur pied, l'approvisionnement en tiges en est facilité.

D'autre part, la pré-transformation à proximité des plantations limite les coûts de transport. En outre, l'atelier doit être accessible facilement par les gros camions ou porte-conteneurs qui viendront chercher les produits.

L'alimentation en énergie et en eau

La qualité de l'alimentation en énergie est capitale. La disponibilité et la régularité de la fourniture en électricité sont des facteurs essentiels de réussite.

Dépendre d'un autre atelier ou usine pour son alimentation en courant ne peut être qu'une solution temporaire qu'il faut rapidement régler si on se lance dans une production durable. La stabilité du voltage est un point clé car des variations importantes endommagent rapidement les moteurs. La fiabilité de l'alimentation et la fréquence des coupures sont des points à vérifier, tout comme la possibilité d'installer le courant triphasé et un transformateur.

Bien penser l'architecture électrique de son atelier et investir dans le système électrique est rentable à moyen terme : moins de pannes, et donc de pertes, machines fonctionnant plus longtemps, moins de changement et de rembobinage des moteurs, meilleure valorisation de la puissance installée, etc. Le recours à des groupes électrogènes (générateur diesel) est possible, mais générer sa propre électricité entraîne des surcoûts qui peuvent rendre l'opération non rentable.

Certains procédés de fabrication nécessitent la présence d'une chaudière à vapeur, et il est prudent de stocker une quantité d'eau suffisante pour faire face à un début d'incendie.

Choisir ses équipements

Choisir des équipements adaptables aux évolutions, faciles à entretenir et à réparer

Investir en machines efficaces et fiables, assurant à la fois une rapidité de production et la qualité des produits, est une priorité. Cela n'exclut pas pour autant l'achat de machines d'occasion de bonne qualité, voire de fabriquer les plus simples.

Les machines doivent être aisément réglables et modifiables pour pouvoir s'adapter rapidement à différents types de produits et aux demandes des clients. Lorsque l'entreprise produit un volume significatif, il devient possible d'envisager d'investir dans des machines et équipements « stratégiques », c'est-à-dire polyvalents, qui augmentent les marges de manœuvre : séchoir(s) pour conserver, stocker et finaliser les produits, chaudière à vapeur pour faire fonctionner les séchoirs, presse, boiler ou encore carbonisateur pour augmenter l'efficacité énergétique.



Il est également essentiel de pouvoir les réparer sur place, ce qui impose de vérifier d'une part que les pièces de rechange sont facilement disponibles dans la région, et d'autre part que les compétences existent au plan local pour les réparer (à moins d'être soi-même mécanicien).

Entretenir son parc de matériel et protéger son personnel

L'entretien du parc de matériels est essentiel pour maintenir la qualité des produits finis et s'assurer que le personnel travaille en toute sécurité.

La mise en place d'équipements de protection et la maintenance des machines sont habituellement négligées, alors que leur coût est faible comparé à celui lié aux accidents pouvant arriver lorsqu'elles ne sont pas effectuées. Outre les dommages à la personne, un accident de travail a de plus un effet psychologique sur tout le personnel. Par ailleurs, l'arrêt de la production arrive fréquemment au moment d'un pic de production, entraînant alors un report de livraison ou l'annulation d'un contrat non rempli. Il convient de sensibiliser les ouvriers à l'utilisation du matériel de protection (masques, gants, casque, etc.) et de le leur fournir.

Choisir et valoriser ses produits

Assurer l'écoulement régulier de la vente des produits

Pour éviter une trop grande dépendance par rapport à un client, les ateliers travaillent sur plusieurs produits complémentaires qui ont aussi pour intérêt la valorisation des différentes parties de la tige.

Comme dans d'autres secteurs, le maintien de la qualité des produits a une influence importante sur la fidélité des clients. Pour entretenir la relation avec les clients, il est par exemple possible de réaliser soi-même la livraison.

Optimiser le taux d'utilisation de la tige

La pré-transformation d'un produit unique au prix de marché, en n'utilisant que 30 à 50 % des tiges, n'est en général pas rentable, même si on utilise les résidus comme combustible. S'il n'est pas possible de développer la production jusqu'à un produit fini – dont la valeur ajoutée permettrait d'atteindre la rentabilité – il faut dès lors envisager la production d'un second produit. C'est à cette condition que l'on peut assurer une bonne rentabilité.

On recherchera ainsi la meilleure façon d'utiliser toute la tige pour la fabrication des produits avec la meilleure valeur ajoutée possible. Par exemple, la partie inférieure des tiges peut être utilisée pour faire des lamelles de parquet, la partie supérieure pour des baguettes et les nœuds pour la pâte à papier ou encore comme combustible.



Il existe d'autres associations rentables comme :

– lamelles tressées (centre et intérieur de la paroi) et lamelles de la cuticule (extérieure) ;
– baguettes de différents diamètres et longueurs, avec piques ou cure-dents ;
– base et partie inférieure de la tige pour ustensiles de cuisine, et lamelles/baguettes, etc.

Les choix effectués dépendent des opportunités de commercialisation dont dispose l'entrepreneur.

Valoriser les sous-produits

Le plus souvent, le bénéfice se fait sur la bonne valorisation des déchets, tant pour la fabrication, la vente ou l'utilisation comme combustible. Il ne faut brûler ces résidus qu'en dernier recours, lorsque toute autre valorisation leur a été appliquée.

Les sous-produits sont majoritairement les nœuds des tiges. Ils peuvent servir à fabriquer du charbon, être brûlés pour alimenter l'unité en énergie (cas des séchoirs) ou utilisés pour faire de la pâte à papier. Dans le cadre de cette dernière utilisation, il est souhaitable de choisir une technologie qui soit la moins polluante possible.

Réduire les effets négatifs de la production de déchets sur l'environnement

L'impact des petites unités de transformation du bambou sur l'environnement peut être favorable si elles choisissent des produits utilisant des bambous arrivés à maturité (tiges de plus de trois ans). Par ailleurs, certains procédés comme la fabrication de pâte à papier requièrent l'utilisation de technologies « propres » (par exemple des bacs de décantation).



Bibliographie

Agronomie et taxonomie

Biswas S., « Diversity and Genetic Resource of Indian Bamboos and Strategies for their Conservation », in Ramanatha Rao V. and Rao A.N. (eds), *Bamboo and Rattan Genetic Resources and Use : Proceedings of the first INBAR Biodiversity, Genetic Resources and Conservation Working Group, 7-9 November 1994*, Singapore, IPGRI/INBAR, 1995, p. 29-34.

Dransfield S., Widjaja E.A. (eds), *PROSEA Plant Resources of South-East Asia 7. Bamboos*, Leiden, Backhuys Pusblishers, 1995, 189 p.

Gamble J.S., *The Bambuseae of British India*, Calcutta, The Bengal Secretariat Press, 1896, Annals of the Royal Botanic Garden, Calcutta, Vol. 7, XIX-133 p., 119 pl.

Lê Trân Chân *et al.*, *Some basic characters of Vietnam flora*, Hanoi, Science and Technics Publishing House, 1999, 307 p.

Lê Viêt Lâm, « Taxonomy of Bamboo Subfamilies in Vietnam », in MARD (ed.), Proceedings of the Conference of Forest Science and Technology for 20 years under Renovation, 8-9 April 2005, Hanoi, MARD, 2005, p. 312-321.

Kleinhenz V., Mildmore D.J., « Aspects of Bamboo Agronomy », *Advances in Agronomy*, Vol. 74, 2001, p. 99-145, doi:10.1016/S0065-2113(01)74032-1

Fu Maoyi, Xie Jinzhong, Zhou Benzhi, Li Zhengcai, Xiao Xiantan, *Technical Manual on Sympodial Bamboos Cultivation*, Beijing, China Forestry Publishing House, 2007, 101 p.

Lobovikov M., Paudel S., Piazza M., Ren H., Wu J., *World Bamboo Resources : a thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005*, Rome, FAO, 2007, Non-Wood Forest Products 18, 87 p.

Nguyen Hoàng Nghia, *Bamboos of Vietnam*, Hanoi, Agricultural Publishing House, 2005.

Bambou et développement rural

Melki S., *La valorisation de la qualité du bambou pour une gestion durable des plantations et l'augmentation du revenu des producteurs : cas du Luông dans les districts de Quan Hoa et de Ba Thuoc, province de Thanh Hoa, Vietnam*, mémoire du diplôme d'agronomie tropicale, IRC-Supagro, 2010, 137 p.

Renard O., Lamballe P., *Creating sustainable jobs and incomes to reduce poverty: lessons from Bamboo Supply chain Development Project in North West Vietnam*, paper presented at the 8th World Bamboo Congress, 16-19 September 2009, Bangkok, 12 p.

Ruiz-Pérez M., Zhong M., Belcher B., Xie C., Fu Maoyi, Xie Jinzhong, « The role of bamboo plantations in rural development: The case of Anji County, Zhejiang, China », *World Development*, Vol. 27, Issue 1, 1999, p. 101-114, doi: 10.1016/S0305-750X(98)00119-3

Ruiz-Pérez M., Belcher B., Fu Maoyi, Yang Xiaosheng, « Looking through the bamboo curtain: an analysis of the changing role of forest and farm income in rural livelihoods in China », *International Forestry Review*, Vol. 6, No 3-4, 2004, p. 306-316.

Transformation

Bergon Y., *Comment travailler le bambou : technique occidentale - Mes cahiers d'atelier*, Cogolin, éditions Cogobur, 2015, 160 p.

Casanova P., *Le bambou : du développement durable à la création d'objets, comprendre les enjeux, découvrir des propriétés étonnantes, apprendre les techniques, fabriquer soi-même*, Paris, Eyrolles, 2010, 128 p.

Ganapathy P.M., Zhu Huan-Ming, Zoolagud S.S., Turcke D., Espiloy Z.B., *Bamboo Panel Boards: a State-of-the-Art Review*, Technical Report No 12, Beijing, INBAR, 1999, 115 p., www.inbar.int/bamboo-panel-boards-state-art-report.

Architecture et construction

Morán Ubidia J., *Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) : Manual de construcción*, 3ra Edición adaptada para Perú, Quito-Ecuador, INBAR, 2015, 79 p.

Janssen J.J.A., *Designing and Building with Bamboo*, Eindhoven, INBAR, Technical Report No 20, 2000, 211 p.

Artisanat et ameublement

Cardenas Laverde M., *Bambou : architecture, écologie, design, objet, mobilier, contemporain, tradition, artisanat*, Paris, Éditions Place des Victoires, 2011, 383 p.

INBAR, CIBART, Uttaranchal Bamboo and Fiber Development Board, *Hands-on Chinese Style Bamboo Furniture: Manual on bamboo furniture making*, Beijing, INBAR, 2003, 62 p., www.inbar.int/sites/default/files/funituremanual.pdf

Scheer J., *How to Build With Bamboo: 19 Projects You Can Do at Home*, Gibbs Smith Publisher, 2005, 96 p.



Annexes



ANNEXE 1

Lexique

Biochar : charbon biologique provenant de ressources vivantes comme le bois, la noix de coco ou le bambou.

Boiler : chaudière (à vapeur). Ce terme désigne également le bassin en métal où l'on fait bouillir dans l'eau pour les traiter les tiges ou les produits issus du bambou.

Calibre : diamètre mesuré à un mètre de hauteur.

Canne : nom usuel de certains petits bambous de faible diamètre comme la canne du Tonkin (*Sasa amabilis*), très recherchée en horticulture pour servir de tuteur.

Cespiteux : en forme de touffe.

Chaume : tige creuse des graminées (et donc des bambous), simplement cloisonnée au niveau des nœuds.

Cheville (ou tourillon) : pièce de bois ou de bambou fixant un assemblage de charpentes et de menuiserie.

Cross-cut : scie circulaire servant à couper les tiges dans le sens de la largeur (notamment utilisée dans la production de baguettes où elle permet de séparer les nœuds des entre-nœuds).

Cuticule : pellicule superficielle, de couleur verte ou jaune chez la plupart des espèces, qui protège les tiges et les feuilles des pousses, notamment des plus jeunes.

Entre-nœud : espace compris entre deux nœuds, particulièrement utilisé pour fabriquer les baguettes.

Espèces, genres, tribus, sous-familles et familles : niveaux de classification en biologie. La famille des graminées ou poacées comprend la sous-famille des bambusoïdées (bambous), qui inclut elle-même 3 tribus, 90 genres et environ 1 400 espèces.

Floraison des bambous : phénomène physiologique assez spécifique qui n'intervient qu'une seule fois, après environ une soixantaine d'années, et qui entraîne la mort de la plante.

Fistuleux, fistulaire : qui présente un canal, un conduit longitudinal. C'est une caractéristique du chaume du bambou.

Gaine : base élargie par laquelle le pétiole d'une feuille s'insère sur la tige.

Leptomorphe : terme qui caractérise le rhizome mince et traçant des espèces de bambou de type monopodial.

MDF : *Medium Density Fiberboard*. C'est un type d'aggloméré intégrant des déchets minces ou broyés du bambou.

Monopodial : type de bambou dont les tiges apparaissent de façon dispersée. C'est le plus répandu en zone tempérée. Le contraire est le type sympodial.

Multiplication végétative : multiplication qui s'effectue sans l'intermédiaire de cellules reproductrices (par boutures, drageons, marcottes, etc.).

Nœud : région du tronc d'un arbre ou du chaume d'un bambou d'où part une branche. Il apparaît de façon régulière, en général tous les 20 à 50 cm.

Opercule : cloison étanche au niveau du nœud.

Pachymorphe : caractérise le rhizome épais, limité en extension en longueur et créant des touffes (bambous de type sympodial).

Poacées : nouveau nom de l'importante famille des graminées qui comprend, entre autres, les céréales, les herbes, les roseaux, la canne à sucre et les bambous.

Pousse : premier état de développement de la tige. La jeune pousse est comestible et sa taille varie en fonction des espèces (longueur généralement comprise entre 25 et 50 cm).

Produits forestiers non ligneux : se dit des produits végétaux de la forêt autres que les arbres utilisés pour leur bois. Parmi ces produits non ligneux se trouvent le bambou, le rotin, la cardamome ou encore les champignons.

Ramuscules : rameaux secondaires ou tertiaires du bambou portant les feuilles.

Rhizome : tige souterraine affleurant le sol qui produit soit des racines, soit de nouveaux chaumes.

Rhizosphère : espace du sol colonisé par les racines.

Spathe : gaine entourant la pousse à chaque nœud et qui se détache rapidement de la tige au cours de sa croissance.

Splitteuse : machine constituée d'un couteau en forme d'étoile de cinq à douze branches et d'un système de poussée permettant de fendre en autant de lamelles la tige dans le sens de la longueur.

Sympodial : type de bambou dont les tiges apparaissent de façon groupée, en touffes. C'est le plus répandu en milieu tropical. Le contraire est le type monopodial.

Thermo-traitement : procédé visant, grâce à une source de chaleur (vapeur, eau bouillante), à améliorer la conservation et certaines propriétés mécaniques du bambou.

Touffe : ensemble regroupé des tiges issues d'un même pied (pour les bambous sympodiaux).

Trader : agent travaillant en général en amont d'une filière et qui, dans le cas du bambou, achète, transporte et revend les tiges des grossistes ou des transformateurs situés plus en aval.

Turion : jeune pousse qui sort tout juste de terre et qui peut être récoltée pour la consommation.



ANNEXE 2

Quelques notions sur l'agronomie du bambou géant

L'objectif de cette annexe est de présenter les principaux paramètres agronomiques à prendre en compte dans le développement et la gestion de forêts de bambous géants de type *Dendrocalamus* (*D. barbatus* plus précisément), bambou sympodial qui se développe en touffes. Cette présentation s'appuie sur la littérature existante ainsi que sur les travaux réalisés par le Gret de 2005 à 2014 dans la province de Thanh Hoa au nord-est du Vietnam, dans le cadre des projets LDP (*Luông Development Projet*) puis Green Bamboo.

Recommandations pour la plantation

Densité de plantation

Il est recommandé de planter les jeunes plants en respectant un espacement de l'ordre de 6 m × 6 m ou 6 m × 7 m, ce qui donne un total de 250 plants par hectare. La majorité des plantations présente une densité de 180 à 280 touffes par hectare.

Cette densité peut diminuer progressivement après dix ou vingt ans, soit à cause d'une surexploitation, soit suite à la mort physiologique de la plante (floraison). Les essais montrent que, dans une plantation mature, il est difficile de remplacer les touffes ainsi disparues car elles entrent en compétition avec celles des jeunes plants.

Le nombre de tiges par touffe est une donnée beaucoup plus variable en termes d'espace et de temps, avec une moyenne de 8 à 10 pieds par touffe en période de gestion stabilisée, soit une moyenne de 2 000 à 2 500 tiges par hectare pour une densité de 250 touffes par hectare.

Durée d'installation du peuplement

L'installation du peuplement prend environ cinq ans, mais l'exploitation peut débuter dès la quatrième année si les conditions sont très favorables (sol, lumière et eau, avec une faible compétition externe). Si les conditions de sol sont trop dégradées, il faudra attendre jusqu'à sept ans.

Les toutes premières années, les jeunes pousses, puis les tiges qu'elles vont former, ne font que quelques centimètres de diamètre, ce dernier augmentant progressivement au fil des cycles de production (entre 1 et 1,5 cm par an).

Cependant, même avec de bonnes conditions de gestion, le peuplement n'atteindra sa productivité maximale et ne deviendra stable qu'au bout d'une dizaine d'années.

Intérêt des cultures intercalaires dans les jeunes plantations

Dans les plantations, les jeunes plants sont distants de 6 ou 7 m les uns des autres, et il est possible de valoriser cet espace en le cultivant. Cela permet de dégager un revenu en attendant les premières coupes de tiges.

Le choix des cultures peut toutefois avoir une incidence sur le développement des jeunes touffes. Des observations sur le peuplement ont ainsi montré que le manioc possède un effet dépressif très fort sur les tiges de bambou, qui se développent alors plus lentement. Il est donc recommandé de sélectionner des cultures intercalaires comme les légumineuses telles que le soja, le sésame ou l'arachide qui ont un impact faible, voire positif, sur les plantations de bambou. De plus, elles empêchent le développement d'arbustes concurrents. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec l'arachide dont on enfouit à la récolte fanes et feuilles au pied des bambous.

Ces cultures à cycle court peuvent être cultivées deux fois par an pendant deux ans, jusqu'à ce que le feuillage des touffes de bambou recouvre plus du tiers de la parcelle. À ce moment-là, l'ombrage et le développement racinaire du bambou devenant trop concurrentiels, il n'est plus intéressant, d'un point de vue économique, d'y ajouter des cultures intercalaires.



Culture intercalaire d'arachide dans une plantation de bambou d'un an et de deux ans.

Il peut également s'avérer judicieux d'associer le bambou avec des plantes ligneuses possédant des cycles, conformations ou ports complémentaires, comme par exemple le margousier (neem), espèce ligneuse de légumineuse qui possède un cycle court de 6 à 8 ans ainsi qu'une forte densité. On peut également l'associer à une espèce comme le chukrasia « lat », qui produit du bois précieux et se caractérise par une faible densité de plantation et un cycle de 40 à 80 ans.

La conduite de cultures intercalaires à cycle court les deux premières années après la plantation reste également intéressante avec ces plantations associées.



Cycle de développement d'une tige

› Une croissance « décalée »

Le diamètre et la hauteur de la tige de la grande majorité des arbres en période de croissance – qu'ils soient ligneux de zone tropicale ou tempérée –, augmentent proportionnellement. Mais ce n'est pas le cas du bambou :

– le diamètre est fixé dès le premier jour d'apparition de la pousse à la surface du sol avec simplement, durant le premier mois, un léger accroissement compensant la chute des spathes ;
– la hauteur maximale est atteinte entre deux et trois mois après émergence de la pousse ;
– jusqu'à 3 ou 4 ans, la qualité du matériel biologique augmente, avec densification et léger épaississement de la paroi vers l'intérieur, aux dépens de la partie creuse.

› Vitesse de croissance des pousses

Un suivi de la hauteur des pousses, réalisé durant 100 jours (deux mesures par jour, matin et soir) sur des peuplements de *Dendrocalamus barbatus* a montré que :

– la hauteur finale (de 10 à 11 m au minimum) est atteinte au bout de 55 à 60 jours seulement ;
– du premier jour au trentième ou quarantième jour, les pousses croissent de 8 à 12 cm par jour ;
– elles croissent ensuite en moyenne de 30 à 35 cm par jour, jusqu'à atteindre leur hauteur finale.

Période et vitesse de croissance d'une pousse de bambou

Période de croissance de la pousse	Vitesse de croissance de la pousse (par jour)
1 à 30 ou 40 jours	8 à 12 cm
30 ou 40 jours à 55 ou 60 jours	30 à 35 cm

Les pousses croissent trois fois plus durant la nuit que le jour (66 à 75 % de la hauteur totale).

› Spathes, branches, feuilles et nœuds

Les spathes (gaines au niveau des nœuds) chutent au bout de 30 à 40 jours quand la tige atteint 2 à 5 m.

Les feuilles et branches, en général entre 14 et 20, commencent à pousser et à se développer principalement entre 60 et 95 jours afin de donner la forme finale à la tige, et en partie à la touffe.

Les tiges moyennes à grosses (circonférences supérieures à 25 cm) comprennent généralement 36 à 38 nœuds. Dans la partie correspondant à la hauteur utilisable pour la transformation (8,5 à 10 m), il y a en moyenne 27 ou 28 nœuds.

L'intervalle moyen entre nœuds est de 32 à 34 cm. Il est plus court à la base de la tige (autour de 15 à 20 cm) et s'allonge au fur et à mesure pour atteindre 40 cm dans la partie supérieure. La partie supérieure de la tige qui possède des entre-nœuds plus longs et une paroi plus fine offre ainsi une moins grande résistance mécanique que la partie inférieure.

› Saison de pousse et saison de récolte

Dans les conditions climatiques du Nord-Vietnam (climat subtropical avec un été très chaud et pluvieux, un automne tempéré et sec, un hiver frais et humide et un printemps variable avec des précipitations annuelles variant entre 1 500 et 1 800 mm), le cycle annuel du bambou distingue deux saisons principales et trois « périodes » :

- période d'émergence et de montée des pousses : entre mai et août ;
- période de « dormance », la plus favorable pour la récolte : de novembre à février ;
- périodes où la récolte peut être tolérée : septembre-octobre et mars-avril.

La récolte des tiges est fortement déconseillée pendant la période d'apparition et de montée des pousses (fin avril à début septembre), ceci pour deux raisons : la première est que l'on risque de couper les tiges alimentant directement ou indirectement les pousses en phase de développement, et la seconde est que la chute des tiges plus âgées risque d'engendrer une altération mécanique des nouvelles pousses – encore très fragiles.

Calendrier de récolte

Janvier-février	Mars-avril	Mai-juin	Juillet-août	Septembre-octobre	Novembre-décembre
Favorable pour la récolte	Récolte tolérée si besoin	Émergence des pousses Pas de récolte	Montée des pousses Pas de récolte	Récolte tolérée si besoin	Favorable pour la récolte

› Âge de récolte des tiges

Le *Luông* est essentiellement valorisé pour ses tiges. Ses pousses sont peu consommées.

Certains producteurs coupent les tiges un an et demi après l'émergence de la pousse, mais cette pratique présente deux inconvénients majeurs :



– la tige n'a pas encore atteint sa maturité et développé l'ensemble de ses propriétés physico-chimiques ;
– la tige n'a pas encore contribué au renouvellement de la touffe en générant une nouvelle pousse.

Il est ainsi recommandé de récolter les tiges :

– deux ans et demi après leur émergence pour fabriquer du matériel de construction ou des baguettes ;
– entre trois ans et demi et quatre ans et demi après son émergence pour la fabrication de lamelles de parquet.

À partir de cinq ans, la tige perd à nouveau une partie de ses qualités mécaniques.

Estimation du rendement d'une plantation

Âge des tiges et gestion du peuplement

Les peuplements de *Luông* comprennent presque exclusivement des tiges de un à quatre ou cinq ans maximum, car au-delà de la cinquième année les tiges se cassent et meurent. Une touffe bien gérée devrait comporter une proportion équilibrée de tiges de 1, 2, 3 et 4 ans. Toutefois, cette proportion varie énormément en fonction des pratiques de récolte, c'est-à-dire du choix et du nombre de tiges récoltées chaque année.

Structure de l'âge du peuplement d'une forêt en fonction du mode de gestion

Niveaux d'âge	Forêt bien gérée	Forêt assez mal gérée	Forêt très mal gérée
1 (entre 0 et 1 an)	25 %	35 %	60 %
2 (entre 1 et 2 ans)	25 %	30 %	30 %
3 (entre 2 et 3 ans)	25 %	25 %	5 %
4 et plus (3 à 4 ans)	25 %	10 %	5 %

Les mauvaises pratiques de récolte peuvent être de plusieurs ordres :

– première récolte trop précoce après la plantation (variable en fonction du sol) ;
– surexploitation de la touffe car trop de tiges récoltées (plus de 25 à 30 % du total) ;
– récolte indifférenciée comportant des tiges trop jeunes ;
– absence ou faiblesse de la récolte, généralement du fait d'un trop grand éloignement de la parcelle.

Ces mauvaises pratiques ont tendance à être plus répandues lorsque la récolte est réalisée par de la main-d'œuvre extérieure.

Nombre de tiges par hectare en période d'exploitation

Un peuplement à maturité comprend le plus souvent entre 2 000 et 2 500 tiges par hectare. En moyenne, 90 % de ces tiges sont des tiges saines et exploitables. Les 10 % restant correspondent aux tiges tombées, cassées ou, plus fréquemment, attaquées par des insectes et donc inutilisables. Dans certaines zones, ces attaques peuvent toucher 30 %, voire 50 %, du peuplement.

Nombre moyen de touffes et de tiges par hectare des plantations de bambou géant

	Nombre de touffes/ha	Nombre de tiges /ha	Tiges abimées	Tiges saines	Tiges exploitées/an
Moyenne	250	2 000 à 2 500	250	2 250	500 à 560
Gamme fréquente	180 à 80	1 800 à 3 000	150 à 400	1 700 à 2 800	350 à 620

On peut donc estimer à 2 250 le nombre de tiges saines dans une parcelle d'un hectare. Pour des modes annuels de récolte, environ un quart des tiges saines est coupé par an. Le nombre moyen de tiges récoltées par hectare est donc en théorie de 500 à 560 par an.

Dans les systèmes bisannuels de récolte, il peut être récolté en une seule fois jusqu'à un millier de tiges par hectare.

Diversité interne du peuplement, calibres de tiges

› La variation des calibres des tiges

Rappelons que le calibre des tiges ne varie pas en fonction de l'âge et que l'on trouve dans une bambouseraie de *Luông* des calibres bien différenciés avec des diamètres allant de 45 mm, pour les plus petits, à 115 mm pour les plus gros.

Caractérisation des tiges selon différents calibres

	A	B	C	D
Diamètre à 1,5 m du sol (mm)	105 à 115	95 à 104	85 à 94	75 à 84
Circonférence à 1,5 m du sol (cm)	≥ 34	≥30 <34	≥26 <30	≥16 < 25
Longueur utilisable (m)	9,8	9,1	8,6	8,1
Poids frais utilisable (kg)	34	26	20	16,8
Poids spécifique moyen/m	3,32	2,86	2,27	2,07

Avec le calibre, le poids augmente nettement (+ 100 % entre D et A). La hauteur, quant à elle, augmente plus légèrement (+ 22 % seulement).



› Proportion des différents calibres selon la gestion du peuplement

Une bonne gestion du peuplement stabilise la densité des tiges autour d'une moyenne de 2 500 par hectare (après la saison des pousses), et génère une proportion élevée de grosses tiges. La répartition des calibres dans un peuplement de bambou *Luông* suit une courbe de Gauss, avec un pic situé aux alentours de 75 à 80 mm.

Nous présentons ici des proportions pour deux types de peuplements, avec toutefois le même nombre de tiges par hectare, soit 2 250 (tiges saines, utilisables). Ces chiffres ont été obtenus par le Gret qui a organisé, en 2006 et 2009, deux campagnes de suivi d'une quarantaine de plantations.

Part des différents calibres en fonction du mode de gestion

		A	B	C	D	E	F
Diamètre à 1,5 m du sol (mm)		105 à 115	95 à 104	85 à 94	75 à 84	105 à 115	95 à 104
Forêt bien gérée sur sols fertiles	% du peuplement	6 %	12 %	32 %	30 %	12 %	8 %
	Nombre de tiges/ha	135	270	720	675	270	180
Forêt mal gérée sur sols pauvres	% du peuplement	2 %	6 %	27 %	33 %	18 %	14 %
	Nombre de tiges/ha	45	135	608	743	405	315

On observe ici deux forêts comportant le même nombre de tiges saines, mais possédant une structure assez différente. Ainsi, la forêt bien gérée possède une plus forte proportion de calibres A, B et C (51 %) que celle mal gérée (35 %).

Estimation de la productivité ou du rendement d'une parcelle

› Précisions préalables

Le bambou pose un réel problème technique et méthodologique de mesure du rendement. En effet, contrairement aux cultures annuelles, on n'obtient pas un chiffre fixe au bout de quelques mois de production, qui permettrait de mesurer le rendement pour une surface donnée. Il ne suffit pas non plus, comme pour les arbres fruitiers, de calculer la récolte de fruit annuelle ou bisannuelle. Le bambou diffère également des arbres forestiers, dont la productivité peut se mesurer par dendrométrie ou par le cubage total lors de la coupe en fin de cycle.

En revanche, la récolte annuelle est liée aux choix du producteur qui peut décider de récolter tout ou partie des tiges de l'année ou des tiges plus anciennes. Il n'y a

pas forcément de coupe annuelle ni de fin de cycle, et si on le souhaite on peut récolter une parcelle tous les deux ans, tous les ans ou même plusieurs fois par an. On peut même avoir plusieurs modes de récolte au sein d'une même parcelle. Ainsi, on peut obtenir un bon rendement, c'est-à-dire un nombre satisfaisant de tiges récoltées, uniquement parce que l'on n'aura pas récolté l'année précédente. Le rendement d'une année « n » peut également être élevé du fait d'une surexploitation amenant ensuite *de facto* à un plus mauvais rendement. Cela peut de plus entraîner une diminution du potentiel ainsi que l'absence totale de récolte pendant un an ou deux afin de régénérer le peuplement.

› Proposition d'une méthode simple d'estimation des rendements

Comme le suivi des coupes du producteur ne donne pas forcément une bonne idée du rendement, nous proposons de considérer, de manière très simplifiée, le rendement comme le quart du nombre de tiges ou de la biomasse utilisable présente sur une parcelle donnée, en début de saison de récolte.

Rendement = 25 % du nombre de tiges ou 25 % de la biomasse utilisable en début de saison.

On s'appuie ainsi sur la structure d'un peuplement en quatre strates d'âge : on considère en effet que les bambous n'ont jamais plus de quatre ans et que tout le peuplement présent doit être récolté sur les quatre années, donc en moyenne un quart par an.

› Calcul de la biomasse utilisable et du rendement pour quatre types de peuplement différents

Le rendement peut ainsi se calculer en nombre de tiges ou en poids de tiges. Comme l'âge des tiges n'influe pas sur leur diamètre, on considère, toujours de manière simplifiée, que les différents calibres sont représentés dans les mêmes proportions pour les quatre classes d'âge et que le prélèvement se fait en respectant ces proportions (par exemple si une plantation comporte 25 % de tiges de 4 ans de calibre A, la récolte comprendra également 25 % de tiges de 4 ans de calibre A).

- N : nombre de tiges saines/ha avec N 1 nombre assez élevé (2 250) et N 2 nombre assez faible (1 800),
- G : type de gestion de la forêt avec G 1 pour une bonne gestion et des gros calibres, et G 2 pour l'inverse.



Biomasse produite en fonction de la densité et de la structure de peuplement

	N1 x G1	N1 x G2	N2 x G1	N2 x G2	Moyenne
Nombre de tiges saines/ha	2 250	2 250	1 800	1 800	
Pourcentage de tiges > 25 cm de diamètre	50 %	35 %	50 %	35 %	
Nombre/ha de tiges > 25 cm de diamètre	1 125	788	900	630	860
Nombre de tiges > 25 cm de diamètre exploitées/ha/an	281	197	225	157	215
Nombre total de tiges exploitées /ha/an tous calibres confondus	562	562	450	450	
Biomasse utilisable (t/ha)	41,7	36,4	33,3	29,1	35,1
Rendement annuel (t/ha)	10,4	9,1	8,3	7,3	8,8

À partir d'une estimation du poids moyen des différents calibres, on arrive avec cette méthode simplifiée à un rendement moyen compris entre 7 et 10 t/ha/an.

Biomasses totales, aériennes, fraîches et sèches

La biomasse totale comprend les parties aériennes et souterraines (rhizome). La biomasse utilisable correspond à la biomasse de la partie aérienne sans la cime et les branches.

Des pesées réalisées localement on permit d'estimer le coefficient de passage pour passer de la biomasse utilisable à la biomasse aérienne. La littérature fournit d'autres coefficients pour estimer la biomasse totale à partir de la biomasse aérienne, ou la biomasse sèche à partir de la biomasse fraîche.

Coefficients de passage utilisés

Pour passer de	à	Il faut	Source du coefficient
Biomasse utilisable	Biomasse aérienne	x 1,43	Mesure concrète locale
Biomasse aérienne	Biomasse totale	x 1,4	Donnée bibliographique
Biomasse fraîche	Biomasse sèche	x 0,53	Donnée bibliographique

Ces coefficients s'appuient sur les paramètres suivants :

– les cimes et branches (parties aériennes non utilisables) représentent 30 % de la biomasse aérienne ;
– les parties souterraines représentent 28,5 % de la biomasse totale (et les parties aériennes 71,5 %) ;
– le bambou frais, à la récolte, contient environ 47 % d'eau.



Ces coefficients permettent d'estimer les biomasses fraîches et sèches totales des différents types de plantations à partir des mesures de rendement (tige récoltée et pesée).

Biomasse aérienne, totale et sèche pour quatre situations différentes

	N1 x G1	N1 x G2	N2 x G1	N2 x G2	Moyenne	% BFT **
Nombre de tiges saines/ha	2 250	2 250	1 800	1 800		
Rendement annuel (t/ha)*	10,4	9,1	8,3	7,3	8,8	12,4
Biomasse utilisable (t/ha)*	41,7	36,4	33,3	29,1	35,1	49,6
Biomasse aérienne (t/ha)*	59,8	52,7	47,8	42,1	50,6	71,5
Biomasse totale (t/ha)*	83,7	73,8	66,9	59,0	70,8	100
Biomasse sèche totale (t/ha)	44,3	39,1	35,5	31,3	37,5	53

*Lorsque ce n'est pas précisé, il s'agit de la biomasse fraîche.
** % BFT : en pourcentage de la biomasse fraîche totale.

Afin de pouvoir faciliter les calculs rapides, on peut en déduire deux autres coefficients de passage :

- biomasse sèche totale = (très peu différent) / biomasse fraîche utilisable
- biomasse totale = 2 × biomasse utilisable

Lorsque l'on compare ces différents paramètres aux données bibliographiques sur des bambouseraies chinoises, on remarque qu'ils sont significativement inférieurs. Les plantations suivies au Vietnam sont donc loin de l'optimum d'un peuplement bien entretenu et bien géré.

Si l'on considère les rendements de la forêt de bambou en matière sèche aérienne exploitable (hors cime et branches), on arrive à des niveaux de l'ordre de 4 à 5,5 tonnes de matière sèche par hectare et par an.



Principales espèces présentes au Vietnam

Nom scientifique	Nom vietnamien	Principale région	Usage
Arundinaria Sp	Vau dang	Nord central et Nord-Est	
Bambusa procera A. Chev et *A.Cam*	Lo O	Sud-Est	
Bambusa stenostachya Hack	Tre gai	Nord	Baguettes et constructions
Dendrocalamus barbatus	Luông	Province de Thanh Hoa	Baguettes, construction, lamelles parquet, etc.
Neohouzeaua dullooa A. Cam	Nua	Nord, Centre	Artisanat, papier, paniers, construction et baguettes
Phyllostachys pubescens Maxel ex H.d	Truc Sao	Nord-Est	Artisanat et meubles



ANNEXE 3

Paramètres de transformation des tiges en lamelles et baguettes

Introduction

Précisions sur le cadre de mesure

Les mesures ont été effectuées dans trois ateliers représentatifs du nord-ouest du Vietnam, situés chacun dans des districts différents. Les mesures massales (longueur, diamètre et poids) sur les tiges entières ont été enregistrées pour environ 500 tiges de bambou *Luông*. Les mesures précises aux différentes étapes de production des produits ont été réalisées atelier par atelier sur des échantillons de 20 bambous par calibre (huit calibres ou diamètres). Nous ne présentons ici que les données relatives aux trois principaux calibres A, B et C, dont la circonférence est supérieure à 25 cm et qui sont les plus utilisés pour la production de lamelles et baguettes.

Principaux paramètres des tiges

› Épaisseur des parois

L'épaisseur des parois est une donnée importante pour la fabrication des lamelles. Elle détermine le nombre et l'épaisseur des lamelles qui pourront être fabriquées. Elle a des conséquences également sur la quantité de déchets.

Épaisseur des parois selon le calibre et la hauteur sur la tige

Épaisseur (en mm)	A	B	C
À 1 m depuis la base	11,8	11,4	10,4
À 3 m depuis la base	8,6	7,8	nd
À 5 m depuis la base	7,5	8,2	8

Ces chiffres montrent que l'épaisseur des parois varie plus en fonction de la position sur la tige que du calibre : les parois sont plus épaisses au niveau de la base et s'affinent ensuite jusqu'à la cime. Les lamelles ne peuvent être produites que dans la partie basse des tiges qui présente un diamètre suffisant. La partie haute, plus fine, est transformable en baguettes.



Production de lamelles brutes par type de tige

Le nombre de lamelles produites par tige, pour une dimension de lamelle donnée, dépend d'abord du diamètre mais aussi de l'épaisseur et de la rectitude de la tige, et de l'exigence de l'acheteur au niveau de la qualité. Plus les lamelles demandées par le client seront longues, larges et épaisses, plus le nombre de lamelles produit par tige sera faible, et inversement.

Les calculs suivants concernent la fabrication de lamelles de 1,3 m de longueur, 28 mm de largeur et de 7 à 9 mm d'épaisseur, utilisées pour fabriquer des parquets.

Production de lamelles selon les calibres

	A	B	C
Circonférence à 1,5 m de haut	**≥ 34 cm**	**< 34 cm et ≥ 30 cm**	**< 30 cm et ≥ 26 cm**
Longueur des tiges utilisables pour fabriquer les lamelles (m)	6,1	4,5	2,6
Nombre de tronçons de 1,3 m par tige	4,7	3,5	2
Nombre moyen de lamelles par tronçon	6,0	4,7	4,0
Nombre moyen de lamelles par tige	28,2	16,4	8
Poids frais utilisable pour fabriquer des lamelles (kg)	34	26	20
Poids des tronçons de 1,3 m (kg) par tige	23,4	15,8	8,7
Poids des lamelles brutes par tige (kg)	14,2	9,4	4,4
Poids moyen d'une lamelle brute (g)	503	573	550
% du poids frais de la tige transformée en lamelles	42 %	36 %	22 %
Poids des lamelles rabotées par tige (kg)	8	5,3	2,5

En fonction du calibre de la tige, on peut donc produire entre deux et cinq tronçons de 1,3 m. Le nombre de lamelles produites par tronçon variant de quatre à six, on peut fabriquer de huit à trente-deux lamelles de 1,3 m de longueur, 28 mm de largeur et de 7 à 9 mm d'épaisseur par tige, avec un facteur multiplicateur de quatre.

La production de lamelles valorise 60 % de la longueur et 42 % du poids frais des tiges de calibre A, mais seulement 30 % de la longueur et 22 % du poids frais d'une tige de calibre C.

Rappelons que les chiffres donnés correspondent à des moyennes et que le poids d'une lamelle brute produite à partir du bas de tige est de 650 g et qu'il n'est que de 470 g en milieu de tige. Les lamelles brutes de bas de tige servent principalement à produire des lamelles rabotées d'une épaisseur de 9 mm, et celles de



milieu de tige vont servir pour des lamelles de 7 mm (voire 5 mm en fonction de la demande).

› Passage de la lamelle brute à la lamelle rabotée

Qu'elle soit produite par délignage avec deux scies circulaires ou par splittage, la lamelle brute doit ensuite être rabotée par une raboteuse deux faces (délignage) ou quatre-faces (splittage).

Lorsque les mesures ont été réalisées, en 2007, le délignage prévalait encore. Les données présentées se réfèrent donc à cette technique. Toutefois, avec le splittage, le nombre et le poids des lamelles rabotées sont sensiblement les mêmes.

Au cours du rabotage, le poids d'une lamelle brute de 550 g passe à 300 g pour une lamelle rabotée, soit moins de 54 % du poids initial. Les pertes et déchets aux différentes étapes de la production sont analysés dans le chapitre consacré aux déchets (voir page 61).

Dans la zone de production considérée, les lamelles rabotées sont le produit de pré-transformation le plus finalisé pour le parquet. Les lamelles sont encore rabotées une ou plusieurs fois dans les usines de fabrication de parquet, pour finalement atteindre une épaisseur de 2 à 3 mm. Ceci donne une bonne idée de la part importante de tige non valorisée par la production de lamelles.

Production de baguettes brutes associée à la production de lamelles, par type de tige

La longueur de tige utilisable pour les lamelles est plus importante pour les gros calibres (6,1 m pour le calibre A contre 2,6 pour le calibre C). Dans le système de fabrication de produits pré-transformés associant de façon complémentaire lamelles et baguettes, la longueur de tige servant à faire les baguettes sera donc inversement proportionnelle au calibre des tiges (3,9 m pour les tiges de calibre A, 6,1 m pour celles de calibre C).

Caractérisation des parties utilisées pour la production de baguettes brutes selon les calibres

	A	B	C
Circonférence à 1,5 m de haut	**≥ 34 cm**	**< 34 cm et ≥ 30 cm**	**< 30 cm et ≥ 26 cm**
Poids frais utilisable (kg)	34	26	20
Longueur de la partie supérieure utilisée pour faire les baguettes (m)	3,9	4,5	6,1
Poids de cette partie supérieure (kg)	9,8	9,1	9,8
Nombre moyen de cylindres de 33 cm coupés dans cette partie supérieure	12	13,5	18
Nombre de paires produites (23 cm x 6 mm)	130	146	162
Nombre de paires produites par cylindre	10,8	10,8	9,0
Poids total des cylindres coupés (kg)	4,5	5,14	5,32
Poids moyen par cylindre coupé (kg)	0,38	0,38	0,30
Poids de baguettes brutes produites dans la partie supérieure de la tige (kg)	1,98	2,26	2,5
Poids de baguettes par m de tige (kg)	0,51	0,50	0,41
Ratio Poids baguettes / Poids cylindres (%)	44	44	47
Ratio Poids baguettes / Poids partie supérieure tige (%)	20,2	24,8	25,5
Ratio Poids baguettes / Poids ensemble tige (%)	5,8	8,7	12,5

Contrairement aux lamelles, les baguettes ne sont pas fabriquées à travers les entre-nœuds. Les nœuds sont éliminés au préalable, et les entre-nœuds restants, que l'on appelle ici « cylindres », sont ensuite coupés en fonction de la longueur voulue pour les baguettes. Les ateliers séparent ensuite les cylindres par épaisseur afin de produire des baguettes le plus souvent de 5 ou 6 mm d'épaisseur.

Le tableau confirme ici la longueur utilisée, inversement proportionnelle au calibre. En revanche, l'épaisseur des tiges de gros calibre étant plus importante, le poids de cette partie supérieure (entre 9 et 10 kg) est équivalent pour les trois calibres de tiges.

Le poids total des baguettes est plus élevé dans les petits calibres du fait de la longueur utilisable restante (2,5 kg contre 2 kg). Le poids moyen de baguettes représente 45 % du poids d'un cylindre et 20 à 25 % du poids de la partie supérieure de la tige.



Pour finir, le poids de baguettes brutes représente, dans ce système de production associée de lamelles et de baguettes, de 12,5 % (calibre C) à 5,8 % (calibre A) du poids total de la tige. Les baguettes raffinées ou finies représentent une proportion encore plus faible.

› Synthèse sur quelques paramètres techniques en production associée

– nombre moyen de cylindres produits par partie supérieure de tige : de 12 (calibre A) à 18 (calibre C) ;
– nombre de paires de baguettes à partir de la partie supérieure de tige : de 130 (calibre A) à 162 (calibre C);
– nombre de paires de baguettes par cylindre : de 10,8 (calibres A et B) à 9 (calibre C).

Dans le cadre d'une production associée de lamelles et de baguettes, on a donc pour une tige médiane de calibre B, de 26 kg frais et utilisables :

– 9,4 kg de lamelles brutes (16,5 lamelles de 573 g chacune) ;
– 5,4 kg de lamelles rabotées (16,5 lamelles de 300 g chacune) ;
– 2,3 kg de baguettes brutes (146 paires de baguettes de 15,4 g par paire).

Si l'on met ces chiffres en relation avec le poids total de tige utilisable, on obtient :

– 18,8 % de lamelles rabotées (4,9 kg sur 26 kg) ;
– 8,7 % de baguettes brutes (pourcentage encore plus faible si l'on passe en baguettes finies) ;
– 72,5 % de déchets (soit 18,85 kg sur les 26 kg initiaux), qui servent en majorité à fabriquer de la pâte à papier.

Production de baguettes (sans production de lamelles)

Voyons maintenant quelques paramètres concernant la production de baguettes par le biais de la technique de passage à travers les entre-nœuds.

Les données présentées ici sur la transformation de tiges entières en baguettes sont moins fiables que les précédentes, car nous avons réalisé moins de mesures sur ce système.

Poids et nombre de baguettes brutes produites par tige entière

	B	C	D
Circonférence médiane (cm)	31	27,5	25
Longueur de tige utilisable (m)	9,1	8,6	8,1
Poids utilisable frais (kg)	26	20	16,8
Poids de baguettes brutes (kg)	9	6,5	4,5
Poids de baguettes brutes par mètre (m)	988	755	556
Type de baguette	23 cm × 6,5 mm	23 cm × 6 mm	20 cm × 5 mm
Nombre de paires brutes par kg	52	65	90
Nombre de paires brutes par tige	468	422	405
Nombre de paires brutes par m	51,4	49	50
Nombre de paires brutes/kg de tige	18	15,3	16,2
Poids moyen frais d'une paire (g)	19,2	15,4	11,1
Ratio d'utilisation du poids frais	34,6 %	32,5 %	26,8 %

› Remarques complémentaires

Le tableau ci-dessus montre que le système ne produisant que des baguettes présente :

- un taux d'utilisation de tige légèrement supérieur (32 à 34 % au lieu de 28 %) à celui du système associant baguettes et lamelles ;
- une augmentation sensible du poids de baguettes brutes par mètre pour les calibres C (755/410 g) et surtout B (988/502 g) ;
- un nombre de paires brutes par kilogramme de tige qui n'augmente pas significativement avec le calibre de la tige ;
- un ratio d'utilisation qui augmente significativement avec le calibre, passant de 26,8 à 34,6 %, corroborant ainsi la pertinence d'adapter la taille des baguettes au calibre des tiges.

Quelques paramètres concernant la finition des baguettes

Ce paragraphe présente les paramètres liés à la taille des baguettes (longueur et diamètre) en fonction du type de baguettes.

Une fois sortis de la machine à baguettes, les produits peuvent soit être soufrés lorsqu'ils doivent être transportés en brut vers l'extérieur, soit séchés directement lorsqu'ils sont finis dans la même usine. Ils peuvent aussi subir les deux traitements. Après séchage, les baguettes sont tout d'abord polies, puis leurs extrémités sont taillées. Elles passent ensuite par une dernière sélection et sont emballées soit en vrac (sacs ou cartons), soit par sachets (d'abord par paire, puis rassemblées en plus gros sachet d'une soixantaine de paires chacun).



Calcul du pourcentage de perte de biomasse lors du séchage des baguettes

	Unités	Baguette 20 cm x 5 mm	Baguette 20 cm x 6 mm	Baguette 23 cm x 6 mm
Baguettes brutes, fraîches	g/paire	11,1		15,4
Baguettes brutes, après séchage	g/paire	6,1	8,1	9,7
Perte de poids au séchage	%	45		37

Au cours du séchage, les baguettes perdent de 37 à 45 % de leur poids.

› Polissage

Calcul de la perte de poids lors du polissage des baguettes

	Unités	Baguette 20 cm x 5 mm	Baguette 20 cm x 6 mm	Baguette 23 cm x 6 mm
Baguettes brutes, après séchage	g/paire	6,1	8,1	9,7
Poids baguettes, après polissage	g/paire	5,5	7,2	8,6
Poids baguettes, après taille	g/paire	5,3	7,0	8,3
Déperdition en matière	%	13,1	13,6	14,4
Nombre de paires de baguettes polies en un cycle		20 600	16 800	16 200

› Paramètres de capacité/contenance pour le transport des baguettes

- nombre de paires de baguettes par m^3 : 56 000 ;
- nombre de paires de baguettes par conteneur (de 20 pieds ou 6 m) : 1 700 000 ;
- poids d'1 m^3 de baguettes : 400 kg ;
- poids d'un conteneur de baguettes (de 20 pieds ou 6 m) : 12 000 kg.

La production de sous-produits dans la pré-transformation du bambou *Luông*

Principaux types de sous-produits

Nous considérons ici le système de production associée de baguettes et de lamelles qui génère, à partir d'une seule tige, cinq types de déchets (s'ils sont non utilisés), ou sous-produits (s'ils sont valorisés pour une autre production) :

– souches et extrémités ;
– nœuds ;
– déchets de lamelles et copeaux issus du rabotage ;
– déchets de baguettes (hors nœuds, à partir de l'entre-nœud) ;
– sciure (sciure de coupe longitudinale des lamelles ainsi que sciure de coupe transversale des nœuds et entre-nœuds pour produire les baguettes).

Valorisation des sous-produits

Les souches sont bien plus épaisses que les extrémités et peuvent servir à faire du charbon ou être utilisées comme combustibles pour les fours. L'intérieur des nœuds, arraché à la machette une fois les lamelles fendues, n'est pas différencié des autres déchets, il est intégré dans le calcul avec ceux-ci.

Les chiffres présentés ci-dessous, provenant des essais de 2007 utilisant le délignage, font ressortir un important volume de sciure provenant de la coupe longitudinale. Avec le système actuel de splittage, ce volume est nul et plus ou moins remplacé au rabotage par un volume de déchets plus élevé.

Pour simplifier, on ne prendra pas en compte les déchets issus de la finition des baguettes.



Quantité de sous-produits ou déchets

Quantité de sous-produits ou déchets pour trois calibres différents

	A	B	C	Moyenne des trois (kg)	Pourcentage du poids de tige (%)
Diamètre à 1,5 m (mm)	105 à 115	95 à100	85 à 90		
Poids utilisable frais (kg)	34	26	20	26,7	
Poids lamelles rabotées/tige (kg)	8	5,3	2,5	5,3	19,8 %
Poids de baguettes brutes/tige (kg)	2	2,3	2,5	2,2	8,4 %
Total des parties utilisées (kg)	**10**	**7,6**	**5**	**7,5**	**28,2 %**
Poids des déchets de lamelles (kg)	5,4	4,2	3,4	4,3	16,3 %
Sciure de la coupe longitudinale (kg)	3,5	2,3	1,6	2,4	9,2 %
Déchets issus du rabotage (kg)	6,1	4	1,8	4	14,9 %
Poids des déchets de baguettes (kg)	2,8	2,9	2,6	2,8	10,3 %
Poids des nœuds (pour baguettes) (kg)	5,4	4,1	4,6	4,7	17,7 %
Souches et extrémités (kg)	0,7	0,9	1	0,8	3,1 %
Sciure de la coupe transversale (kg)	0,1	0	0	0	0,1 %
Poids total de déchets (kg)	**24**	**18,4**	**15**	**19,1**	**71,8 %**

Dans ce système de pré-transformation, les produits issus de ces premières opérations représentent 28,2 % du poids des tiges, tandis que les déchets ou sous-produits comptent pour 71,8 % du total, soit près de 19,1 kg par tige moyenne transformée sur place dans les ateliers.

	A	B	C
Poids frais utilisable (kg)	34,0	26,0	20,0
Poids de déchets de la pré-transformation (kg)	24,0	18,4	15,0
Pourcentage de poids de déchets / poids de tige	70,6	70,8	75 ,0

Ce tableau fait clairement ressortir que, pour la production associée de baguettes et de lamelles, les calibres moyens (et *a fortiori* les plus petites tiges) donnent un pourcentage plus élevé de déchets. On comprend clairement pourquoi les entreprises recherchent des tiges de plus de 90 mm de diamètre.



Quantité de déchets par kilogramme de produit brut

Dans le système associé lamelles/baguettes, une tige de calibre B de 26 kg est divisée en deux parties :

- partie inférieure de 16 kg environ, utilisée pour la production de lamelles ;
- partie supérieure d'environ 10 kg, utilisée pour la production de baguettes.

La partie inférieure est utilisée comme suit :

- 6 kg de déchets issus de la première transformation (en lamelles brutes) ;
- environ 5,3 kg de lamelles rabotées et 4,7 kg de déchets issus du rabotage.

Les déchets représentent deux-tiers du poids (10,7 sur 16 kg). Pour obtenir 1 kg de lamelles rabotées, on produit directement 2 kg de sous-produits ou déchets.

La partie supérieure, la moins épaisse et la moins large, est utilisée de la façon suivante :

- 2,3 kg de baguettes brutes ;
- 4,7 kg de nœuds ;
- 3 kg de copeaux et sciure.

Le produit recherché ne représente ici qu'un quart du poids (2,3 sur 10 kg) : pour obtenir 1 kg de baguettes, on produit directement au moins 3 kg de déchets ou sous-produits.

Concernant la tige dans son ensemble, pour 1 kg de produit brut on obtient environ 2,5 kg de déchets et sous-produits, utilisés dans le système de production de la zone par la filière pâte à papier et papier.

Estimation des quantités de déchets produits par les ateliers au cours de l'année

À partir des données connues sur le stock de matière première et le nombre de tiges usinées par les ateliers, on peut déduire des ordres de grandeur de sous-produits et déchets produits.

On considère que la médiane des tiges transformées dans les ateliers est une tige B (19 kg de déchets). Un atelier traitant quotidiennement 640 tiges produit donc en moyenne 12 tonnes de sous-produits ou déchets par jour, et près de 3 800 tonnes par an. Parce qu'il s'agit de quantités considérables, il est indispensable de planifier et de mettre en œuvre leur valorisation.

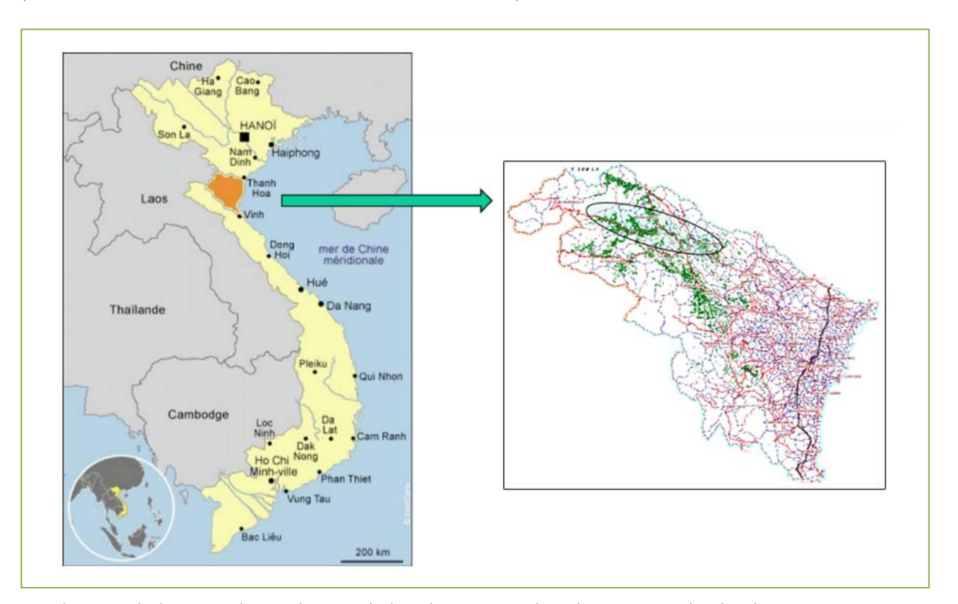


ANNEXE 4

Production et débouchés du bambou *Luông* dans le nord-ouest du Vietnam

La plus grande forêt du Sud-Est asiatique

Les surfaces en bambou *Luông* (*Dendrocalamus barbatus*) de la province de Thanh Hoa représentent environ 70 % des plantations du nord et centre-nord du Vietnam (soit 70 000 ha sur un total de 100 000 ha).



Localisation de la zone de production du bambou *Luông* dans la province de Thanh Hoa.

L'ensemble forestier du nord-ouest de la province de Thanh Hoa représente la plus grande surface forestière de cette espèce ; il représenterait ainsi la moitié des surfaces de bambou plantées pour l'ensemble du pays et serait même la plus grande surface plantée de bambou géant dans le Sud-Est asiatique. Un tiers de cet ensemble forestier se concentre sur la partie basse des versants des montagnes karstiques du district de Quan Hoa, où les plantations sont globalement en meilleur

état que dans le reste de la province. D'après les estimations des services agricoles de la province, il y aurait parmi ces 70 000 ha de forêt de bambou *Luông* 20 % de forêts de bonne qualité, 30 % de qualité moyenne et 50 % de faible à mauvaise qualité (moins de tiges, tiges à faible diamètre ou particulièrement affectées par les insectes foreurs comme le charançon).

La surface totale de 70 000 ha est répartie entre 40 000 à 50 000 petits producteurs qui cultivent des parcelles de 0,5 à 2 ha.

Pour estimer le nombre de tiges exploitables dans la zone, nous avons soustrait à la surface totale de forêts les surfaces récemment plantées non encore rentrées en production stable (moins de sept ans) et celles très difficilement exploitables, car situées très loin des axes de communication.

Estimation des surfaces exploitables de bambou dans la province de Thanh Hoa

Paramètres mesurés/ donnés	Précisions	Unité	Total Province Thanh Hoa	Hors district de Quan Hoa	Quan Hoa
Surface totale en bambou *Luông*		ha	70 000	46 700	23 300
Surface non encore en production	10 % de la surface	ha	7 000	4 700	2 300
Surface exploitable théorique		ha	63 000	42 000	21 000
Surface difficilement exploitable	10 à 15 % de la surface	ha	7 350	4 200	3 150
Surface réellement exploitable		ha	55 650	37 800	17 850



Stock de matière première disponible

Nous distinguons ici le poids moyen utilisable d'un bambou dans le district de Quan Hoa (22 kg) de celui d'un bambou issu des autres districts, en moyenne plus petit (18 kg).

Estimation de la biomasse (fraîche) de tiges récoltées

Paramètres mesurés/donnés	Unité	Total Province Thanh Hoa	Hors district de Quan Hoa	Quan Hoa
Stock total de tiges exploitables	t	2 424 000	1 576 000	848 000
Biomasse totale de tiges récoltées/an	t	606 000	394 000	212 000
Poids de tiges récoltées/ha/an	t/ha	11	10,4	11,9
Biomasse de tiges récoltées/mois	t	55 000	35 800	19 200
Biomasse de tiges récoltées/jour	t	2 040	1 325	715

Nombre de tiges total et de tiges réellement exploitables

Il s'agit ici d'extrapolations faites à partir de mesures sur échantillons. Pour calculer le nombre de tiges réellement exploitables on estime, pour une surface donnée, le nombre total de tiges par hectare, compris entre 2 400 (Quan Hoa, plus grosses tiges) et 2 800 (partie plus proche du centre de la province, à plus petites tiges). On soustrait ensuite au total le nombre de tiges attaquées (principalement par les insectes foreurs comme le charançon, qui rendent les tiges inutilisables hormis pour la fabrication de pâte à papier), nombre proportionnellement plus élevé hors Quan Hoa.

Paramètres mesurés/donnés	Unité	Total Province Thanh Hoa	Hors district de Quan Hoa	Quan Hoa
Surface réellement exploitable	ha	55 650	37 800	17 850
Nombre moyen total de tiges/ha	Tiges	2 650	2 800	2 400
Nombre total de tiges exploitables	Tiges	149 M	106 M	43 M
Pourcentage de tiges attaquées ou abimées	%	13,5 %	15 %	10 %
Nombre total de tiges attaquées ou abimées	Tiges	20,2	15,9	4,3
Nombre total de tiges exploitables ou abimées	Tiges	128,5 M	90 M	38,5 M

Nous estimons à 130 millions le nombre de tiges réellement exploitables sur la zone de production. Ce calcul permet de révéler l'impact économique néfaste qu'ont les ravageurs sur les tiges. En effet, les 20 millions de tiges attaquées, si celles-ci étaient vendues au prix moyen actuel de 21 000 VND ou 1 USD par tige, représentent au total un manque à gagner de 20 millions de dollars et une perte globale annuelle que l'on peut estimer à 5 millions de dollars.

Nombre de tiges récoltées par an, par mois et par jour

Tiges récoltées et transformées

Paramètres mesurés/ donnés	Précisions	Unité	Total Province Thanh Hoa	Hors district de Quan Hoa	Quan Hoa
Nombre de tige exploitables		Tiges	128,5 M	90 M	38,5 M
Nombre de tiges récoltées/an	25 % des tiges	Tiges	32,1 M	22,5 M	9,6 M
Nombre de tiges récoltées/ha/an	550 à 600 tiges/ha	Tiges	577	595	540
Nombre de tiges récoltées/mois	11 mois d'activité	Tiges	2,9 M	2,1 M	0,9 M
Nombre de tiges récoltées/jour	27 jours utiles	Tiges	108 200	75 800	32 400
Nombre de tiges transformées/jour	30 à 50 % sur place	Tiges	39 000	22 800	16 200

Avec 25 % des tiges récoltées chaque année, soit un nombre de 550 à 600 tiges par hectare, on estime que 32 millions de tiges sont récoltées chaque année, dont près de 10 millions pour le seul district de Quan Hoa. Trois millions de tiges seraient ainsi récoltées chaque mois, avec une moyenne de 110 000 tiges par jour, dont un peu plus de 32 000 uniquement pour Quan Hoa.

En prenant les ratios de 30 et 50 % de tiges transformées sur place, la province de Thanh Hoa en transformerait près de 40 000 par jour et Quan Hoa environ 16 000 (soit plus de 350 tonnes).

Principales directions prises par la matière première

Maintenant que l'on connaît le nombre et le tonnage de tiges récoltées dans la région, il s'agit de connaître plus précisément l'utilisation qui en est faite : lieux, pourcentage de transformation ou encore produits fabriqués. Les chiffres que nous avons sont les suivants : 35 % des tiges sont utilisées pour l'industrie locale, 15 % pour l'industrie extérieure (nationale) et 50 % directement pour la construction.



Ainsi, sur les 22 millions de tiges récoltées dans la province de Thanh Hoa (hors Quan Hoa), 9 millions seraient utilisés pour l'industrie locale et le reste partirait vers d'autres provinces, principalement Hanoï et le delta du fleuve Rouge.

À Quan Hoa, où il y a proportionnellement plus d'ateliers de transformation, environ 50 % des tiges seraient transformées sur place. Sur les 10 millions de tiges – si l'on considère qu'une petite partie des tiges de districts voisins est aussi transformée à Quan Hoa – il y en aurait environ 5 millions exportés en dehors de la région pour la construction et l'industrie. Les 5 autres millions seraient utilisés par l'industrie locale pour la pré-transformation.

Utilisation des tiges

	Autres districts avec bambou	Quan Hoa
Construction et industrie externe	13 M	5 M
Transformation (initiale) sur place	9 M	5 M

Nombre de tiges moyen par atelier et par ouvrier à Quan Hoa

Dans le seul district de Quan Hoa, il y a 25 ateliers de transformation, de plus ou moins grande taille, qui embauchent chacun entre 20 et 200 personnes. Le total d'ouvriers étant actuellement de 1 500, on obtient donc une moyenne de 60 ouvriers par atelier. Ce chiffre inclut également les techniciens de maintenance, les chauffeurs de camion et le personnel administratif.

Nombre de tiges transformées

	Par an	Par mois	Par jour
Total ateliers Quan Hoa	5 000 000	420 000	16 000
Moyenne par atelier	200 000	16 800	640
Moyenne par employé	3 330	280	11

Ceci est une moyenne. Certains ateliers, comme ceux employant 200 personnes, peuvent transformer 2 000 tiges par jour et on retrouve le ratio de 10 tiges par ouvrier et par jour.

Principales productions faites sur place

Les principaux produits fabriqués sur place sont, en valeur :

– baguettes (brutes et finalisées) : 60 % du chiffre d'affaires ;
– déchets déchiquetés, pâte à papier et papier : 35 % du chiffre d'affaires ;
– lamelles brutes et rabotées : 2 % du chiffre d'affaires ;
– piques et bâtons d'encens : 1,5 % du chiffre d'affaires.

Si l'on prend en compte les volumes, on obtient le classement et les données suivantes :

– déchets déchiquetés, pâte à papier et papier : 4 000 tonnes par mois ;
– baguettes : 850 tonnes par mois ;
– lamelles : 150 tonnes par mois.



ANNEXE 5

Principales machines utilisées pour fabriquer les produits présentés dans ce guide

Cette annexe présente quelques références de machines utilisées dans les différents processus de fabrication, avec l'origine possible de ces machines, les prix d'achat et quelques recommandations concernant le choix et le réglage de ces machines. Ces données ne sont fournies qu'à titre d'exemple, sur la base de ce qui a été observé au Nord Vietnam, pour donner un ordre de grandeur des coûts et faciliter l'identification de potentiels fournisseurs.

Les machines commercialisées n'étant pas toujours adaptées au bambou géant tropical, dont les nœuds sont très durs, il faut faire appel à mécaniciens pour les modifier.

Machines utilisées dans les différents processus de fabrication

Machine	Caractéristiques	Prix neuf (VDN) et origine du fournisseur	Prix occasion (VDN) et origine du fournisseur	Utilisation
Treuil	Un moteur électrique de 3 kW, monté avec une boîte de vitesses. Un rouleau de câble en fer fixé dans un piédestal en ciment.		20 000 000 Origine Vietnam. Déjà utilisé sept ans au moment de l'achat. Le nombre d'années d'utilisation dépend de l'entretien.	Pour monter les tiges depuis les radeaux sur le fleuve jusqu'au niveau de l'atelier.
Scie circulaire (cross-cut)	Un cadre en fer avec quatre pieds de un mètre de haut, un moteur de 1,5 kW, une scie circulaire.	25 000 000 Vietnam	15 000 000 Origine Vietnam. Déjà utilisé sept ans. Le nombre d'années d'utilisation dépend de l'entretien.	Pour couper les nœuds et entre-nœuds (et machettes pour fendre les entre-nœuds).

Machine	Caractéristiques	Prix neuf (VDN) et origine du fournisseur	Prix occasion (VDN) et origine du fournisseur	Utilisation
Fendeuse/ splitteuse	Machine avec plusieurs couteaux en forme d'étoile pour fendre les tiges ou cylindres en plusieurs lamelles.	25 000 000 Vietnam		Permet de produire différents types de lamelles : lamelles en paire, lamelles de moyenne et fine épaisseur.
Raboteuse deux-faces	Machine complexe, deux lames de couteau pour raboter deux côtés de lamelle montées sur un système de tapis roulant.	80 000 000 Taïwan		Utilisé pour raboter les lamelles coupées avec une déligneuse.
Raboteuse quatre-faces	Machine complexe, quatre lames de couteau pour raboter quatre côtés de lamelle montées sur un système de tapis roulant.	120 000 000 Vietnam		Machine la plus couramment utilisée pour raboter les lamelles brutes en retirant la partie bombée des nœuds et la cuticule extérieure.
Machine à fendre en baguettes	Machine simple avec un cadre de machine, un moteur de 1,5 kW relié avec un axe aller-retour. Dimensions : L 2 m x l 0,4 m x H 0,7 m.	15 000 000 Vietnam		Découpe les tronçons en baguettes de forme ronde. Les baguettes sont éjectées deux par deux vers une petite caisse qui facilite leur groupage.
Machine à baguettes « entre les nœuds »	Fonctionne comme une raboteuse, composée d'un couteau circulaire, deux moteurs de 4 kW, pour tirer les baguettes durant le processus de la transformation.	70 000 000 Vietnam		Permet de fendre les lamelles rabotées en de longues baguettes, permet de valoriser les nœuds.
Séchoir	Construit en brique Dimensions : L 4,5 m x l 2,8 m x H 2 m Un four et un système de ventilateur.	120 000 000		
Carbonisateur	Chaudière reliée à un séchoir par un système de tuyaux conducteur de chaleur et système de ventilation.	Chaudière : 270 000 000 Système conducteur de chaleur et carbonisateur : 320 000 000 Vietnam		



Machine	Caractéristiques	Prix neuf (VDN) et origine du fournisseur	Prix occasion (VDN) et origine du fournisseur	Utilisation
Cribleuse pour produire les baguettes fines et unies	Axe lié à un moteur électrique de 3kW dans un cadre de machine. Dimensions : L 2,2 m x l 0,6 m x H 0,7 m		25 000 000 Origine Vietnam Déjà utilisé sept ans.	
Biseauteuse		35 000 000 Vietnam		Rabote les pointes pour leur donner une forme légèrement biseautée.
Empaqueteuse	Machine à empaqueter les baguettes par paire dans un sac plastique ou papier.	25 000 000 Vietnam		
Four de bouillage	Four de bouillage en inox. Dimensions : L 2,5 m x l 1,4 m x H 1,2 m	25 000 000 Vietnam		
Broyeur des nœuds	Fabriqué selon le système de broyeur des produits agricoles. Dimensions : H 2 m, l 0,7 m. Un moteur de 40 kW relié à un axe de broyage contenant douze lames de couteau (ou marteau à frapper).	45 000 000 Vietnam		



ANNEXE 6

Élaborer un business plan

Avertissement préalable

Il existe différents types de business plans et aucun modèle « passe-partout ». Élaborés pour une utilisation précise (technologique pour un jury technique, financier pour les banques, etc.), ils peuvent faire une page comme plusieurs dizaines. Nous proposons ici de manière indicative, sur la base de notre expérience d'appui aux entreprise et exploitations locales, les éléments pouvant être utilisés pour un business plan. En fonction de l'utilisation, tout n'est pas forcément à renseigner.

Pour simplifier, nous considérons que l'entreprise a déjà un terrain, un bâtiment, un camion et l'accès à l'électricité.

Synthèse sur une page

- titre du business plan (ex : « Production de charbon semi-actif à partir de déchets de bambou *Luông* ») ;
- nom et adresse de l'entreprise concernée, numéro de téléphone, adresse électronique, site web (éventuellement) ;
- montant de l'investissement, partenaires associés et financeurs ;
- période de mise en œuvre, date de la dernière actualisation du business plan.

Présentation de la situation

- situation de la production dans la zone pour la filière concernée ;
- situation des débouchés avec contraintes et perspectives, orientations à moyen terme des marchés ;
- présentation rapide de l'entreprise, de ses ressources humaines, de son capital et de son expérience ;
- principaux équipements et produits fabriqués, capacités et volumes de production actuels ;
- présentation éventuelle de la structure du capital ou du nombre de membres s'il s'agit d'une coopérative.

Justification et objectifs de l'innovation proposée

- justification et principales raisons amenant à proposer cette innovation (procédé et produit) ;
- présentation succincte du procédé et du produit proposé à la fabrication ;
- objectifs à court ou moyen terme ;
- principaux résultats quantitatifs et qualitatifs attendus ;
- points faibles et points forts au regard de la production et du produit envisagé à travers le business plan.

Présentation des méthodes, des moyens d'action et du procédé

- présentation plus technique et détaillée de la technologie utilisée, du procédé employé et des principaux produits ;
- moyens d'intervention requis (infrastructures, ressources humaines) et activités à mettre en œuvre ;
- principaux marchés et acheteurs (acquis et potentiels), contrats signés et contrats potentiels ;
- traitement des déchets et valorisation des sous-produits, exigences qualitatives et environnementales ;
- niveau de fiabilité de la technologie, ajustements et tests à réaliser, possibilités d'extension.

Investissements requis, dépenses prévisionnelles et calcul économique

- montant global avec investissements proprement dits, coûts intermédiaires et capital circulant ;
- calcul économique, principales dépenses prévues (pour un cycle de production) ;
- matière première (tiges) ;
- achat de petits matériels et produits ;
- salaires et autres frais liés à la main-d'œuvre, frais de gestion supplémentaires ;
- électricité, carburant, eau et autres consommables ;
- amortissements des équipements ;
- intérêts d'emprunts, taxes et impôts liés au supplément de production ;
- prévisions de rentrées et revenus ;
- vente du ou des principaux produits, vente des sous-produits ou déchets ;
- calcul de la marge ou du bénéfice réalisé, utilisation des bénéfices.



Mode de financement

- plan prévisionnel de dépenses (par mois) ;
- prévisions mensuelles de trésorerie, besoins en capital circulant (cash-flow) ;
- sources de financement (autofinancement, investisseurs, banque, autres sources) ;
- proposition d'emprunt à la banque (montant, durée, niveau des mensualités) ;
- plan de remboursement proposé (à la banque).

Limites, risques encourus et conditions nécessaires à la réussite

- risques encourus et moyens pour les prévenir ou y faire face ;
- conditions internes et externes nécessaires à la réussite économique de la nouvelle activité ;
- synthèse sur la faisabilité aux niveaux techniques, économiques et financiers.

Avantages, intérêts et impacts de la nouvelle activité

- avantages comparatifs – surtout techniques – du nouveau procédé et du nouveau produit ;
- intérêt et impact de la nouvelle activité sur les plans économique, sociaux et environnementaux.

Chronologie de mise en œuvre (jusqu'à la fin du premier cycle de production ou remboursements)

- tableau chronologique de mise en œuvre avec activités, moyens et résultats attendus par mois (en faisant ressortir les dates de démarrage, de production en vitesse de croisière, de cycles et de remboursements) ;
- description du suivi devant être mis en œuvre et outils de suivi ;
- annexes utiles pour la compréhension : documents de présentation, techniques et étude de marché ;
- outils complémentaires potentiellement utiles pour la préparation ou la réalisation du projet.



ANNEXE 7

Conseils pour le transport en conteneur

Dans le cas où la marchandise doit être exportée et transportée en conteneurs, il est important de connaître les exigences de la mise en conteneurs et de savoir quel volume exact pourra être chargé. Le coût du transport étant non négligeable, il est important de valoriser au maximum le volume disponible.

Éléments généraux sur le transport par conteneur

Le conteneur (ou *container* en anglais) est un caisson métallique conçu pour le transport de marchandises par différents modes de transport. Il est muni, dans tous les angles, de pièces de préhension permettant de l'arrimer et de le transborder d'un véhicule à l'autre. Il fait partie, avec les caisses mobiles et certaines semi-remorques, de la catégorie des UTI (unités de transport intermodal). Il permet ainsi de diminuer les temps de chargement, de rupture de charge et de transbordement.

Le développement du conteneur est étroitement lié à celui des échanges internationaux par voie maritime, et particulièrement des produits manufacturés.

Les produits comme les baguettes, lamelles, parquets, panneaux, charbon, tiges thermo-traitées, etc., sont bien adaptés au transport en conteneurs à condition de faire attention à leur longueur (tiges thermo-traitées, panneaux) ou à la largeur des palettes (parquets). Par contre, concernant les modules de construction ou encore les kiosques, il faut veiller à ne pas dépasser les largeurs et hauteurs du conteneur.

Précisions importantes sur les dimensions d'un conteneur

Selon la norme ISO (Organisation internationale de normalisation), il y a deux grandes séries de conteneurs dont les longueurs extérieures sont respectivement de 20 pieds (6,1 m) et 40 pieds (12,2 m). Les statistiques de transport intermodal sont généralement estimées en unités « EVP », soit « équivalent vingt pieds » (en anglais « TEU », soit *Twenty feet Equivalent Unit*).

– 1 conteneur 20′ = 1 EVP ou TEU ;
– 1 conteneur 40′ = 2 EVP ou TEU.

Tous les conteneurs ont la même largeur, à savoir 8 pieds (2,44 m), ce qui facilite leur transport et leur intermodalité. La hauteur extérieure standard est de 8,5 pieds



(2,59 m). Il faut cependant plutôt retenir, pour le chargement, les dimensions intérieures qui sont sensiblement différentes.

Dimensions des conteneurs

	Intérieur		Extérieur	
	20 pieds (20′)	40 pieds (40′)	20 pieds (20′)	40 pieds (40′)
Longueur	6,1 m	12,2 m	5,9 m	12,04 m
Largeur	2,44 m	2,44 m	2,33 m	2, 33 m
Hauteur	2,59 m	2,59 m	2,38 m	2,38 m
Volume	38,5 m³	77,1 m³	32,7 m³	66,7 m³

La hauteur de passage de porte est limitée à 2,30 m. On trouve de plus en plus fréquemment des conteneurs *high cube* de 9 pieds (2,75 m) ou 9,5 pieds (2,90 m) de hauteur. Le conteneur *half-height* (4,25 pieds) propose une hauteur deux fois plus petite pour le transport de lourdes charges dans un volume réduit. La masse d'un conteneur varie entre 1,8 tonne (pour un 20′) à 4,2 tonnes (pour un 40′ *high cube*).

Conseils pratiques à la préparation des produits en fonction des dimensions

Il faut faire attention aux produits volumineux qui, ne pouvant être coupés ou pliés, ne doivent pas dépasser 2,33 m de large et 2,38 m de haut. Les pans des modules de construction à assembler, comme les kiosques, devront donc être ajustés. Les conteneurs *high cube* permettent de gagner entre 15 et 30 cm en hauteur, mais sont plus rares et il n'est pas toujours possible de connaître à l'avance le type de conteneur qui sera envoyé.

Les palettes standards de 120 × 80 cm, utilisées pour les parquets, ne sont pas adaptées au transport en conteneur car on ne peut en mettre plus de trois de large (ou deux en long) du fait de la largeur intérieure du conteneur, limitée à 2,33 m. Un problème semblable se pose pour les panneaux d'aggloméré, MDF ou lamellé-collés, dont les dimensions sont en général de 250 × 125 cm ou de 240 × 120 cm.

Il faut faire attention aux dimensions indiquées sur les conteneurs, car il s'agit en général des dimensions extérieures pensées pour les transporteurs et pas toujours pour les utilisateurs. Par exemple, des tiges de 6 m ne tiendront pas en longueur dans un 20′ (avec pourtant une longueur extérieure de 6,1 m), car la longueur intérieure n'est que de 5,9 m.

Si cela est possible, il faut donc conseiller au client de commander plutôt des tiges de 2,9 m au lieu de 3 m ou 3,5 m, car ces dimensions valorisent mal le transport en conteneur. De plus, si le client souhaite acheter des tiges de 4 m, mais en nombre insuffisant pour remplir un conteneur 40′, on peut lui proposer de compléter



son stock avec des tiges de 2,30 m que l'on pourra alors disposer en largeur à l'avant du conteneur.

Autres conseils de préparation

Il est recommandé de ne pas charger des produits trop humides car des traces d'écoulement et des champignons risquent d'apparaître sur la tige pendant le transport en cas de forte chaleur, nécessitant ensuite un gros travail de nettoyage (au karcher) par le récipiendaire. Il est essentiel d'assurer le séchage des produits avant la mise en conteneur, sans toutefois les sécher trop fort à cause des risques de fissure, ou trop longtemps à l'avance pour ne pas que les produits se réhumidifient. Des sacs de dessiccatif, comme le chlorure de calcium (CaCl2), disposés à chaque coin du conteneur, permettent d'absorber l'humidité si le produit chargé n'est pas tout à fait sec.

Tous les produits doivent être bien préparés en amont et apportés près du quai, car le transporteur accorde un temps limité de chargement et peut faire payer une amende en cas de dépassement. Il est recommandé d'attacher les tiges de 3 m ou moins et de faible diamètre en fagots, de façon à gagner du temps lors du chargement et du déchargement.

Il arrive parfois que le conteneur soit un *high cube*. Si le client est d'accord pour le charger au maximum de ses capacités, et limiter ainsi le coût de transport par unité livrée, il est préférable de préparer 10 % de produits supplémentaires afin d'optimiser le remplissage du volume disponible.

Conseils pour le chargement du conteneur

Il est important de prévoir suffisamment de main-d'œuvre pour charger à temps un produit qui n'est pas paletté. Il faut au minimum sept ou huit personnes : deux ou trois dans le conteneur, une qui compte et enregistre, et trois ou quatre en bas du conteneur pour hisser les produits. S'il n'y a pas de quai, on peut utiliser un banc ou un meuble pour charger plus facilement le conteneur.

D'autre part, il faut charger les produits lourds ou volumineux en premier, puis finir par les plus petits. Il est conseillé de ne pas charger le lot le plus important en dernier car, du fait du caractère approximatif du calcul du volume des tiges, il risque de ne plus y avoir assez de place.

S'il faut livrer plusieurs acheteurs au même endroit, il est bienvenu de s'entendre avec eux au sujet de l'ordre de déchargement. Il faudra disposer les produits dans le conteneur en fonction de cet ordre.

De plus, si les produits ne sont pas emballés, il peut être intéressant de séparer les différents lots, avec par exemple les ficelles plastiques servant à faire les fagots.

Conteneur de 20′ ou de 40′ ?

Si le volume à livrer est inférieur à 30 m^3, le problème ne se pose pas et il faut choisir un conteneur de 20′. En revanche, si le volume est significativement supérieur, la question se pose d'abord en termes pratiques :

– un camion transportant un conteneur de 40′ peut-il se rendre jusqu'à l'usine ?
– peut-il manœuvrer ou stationner de façon perpendiculaire à la porte de l'atelier ?
– peut-il être chargé (déchargé) durant le temps maximal imposé par le transporteur ?

Si la réponse est « oui », il est préférable d'un point de vue économique d'envoyer un conteneur de 40′ plutôt que deux conteneurs de 20′. De plus, dans le cas de gros volumes, les 40′ permettent de gagner du temps en formalités.

Quelques données sur le transport de produits

Le tableau ci-dessous donne quelques références de volumes pouvant être chargés dans un conteneur selon le type de produit :

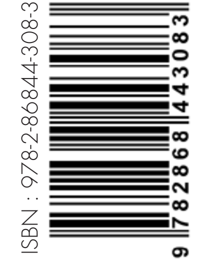
Type de produit	Spécifications	Emballage	Diamètre (tiges)	Conteneur 20′	Conteneur 40′
Baguettes (paires)	200 × 6 mm	Sacs	Nombre	1 700 000	3 400 000
			Poids	12 000 kg	24 000 kg
Charbon (à vérifier)	Vrac (< 10 cm)	Sacs	Poids	6 000 kg	12 000 kg
	Poudre	Sacs	Poids	15 000 kg	30 000 kg
Nombre de tiges thermo-traitées (droites, très peu courbées)	6 m (5,90 m)	Vrac (ou fagots)	110 à 120 mm	380	760
			100 à 109 mm	455	910
			90 à 99 mm	555	1 110
			80 à 89 mm	695	1 390
			70 à 79 mm	890	1 780
			60 à 69 mm	1 190	2 380
			50 à 59 mm	1 665	3 330
	3 m (2,95 m)	Fagots	60 à 69 mm	2 380	4 760
			50 à 59 mm	3 330	6 660
			40 à 49 mm	5 000	10 000

Le poids net d'un conteneur de 20′ de tiges thermo-traitées bien chargé, selon les chiffres de pesées obtenus pour le port de Hai Phong, est d'environ 6 200 kg, soit 12 500 kg pour un 40′. Ceci correspond à une masse volumique assez faible d'environ 190 à 200 kg/m^3.

Transformation du bambou

Le bambou peut être une source durable de développement économique, notamment dans les régions tropicales enclavées, ses plantations générant un revenu régulier aux paysans qui les exploitent. En partie transformé par de petites entreprises à proximité des sites de production, ses qualités technologiques et ses caractéristiques d'usinage en font un bon substitut au bois. Matière première facile à travailler et aux usages multiples, il est utilisé dans l'industrie du meuble et de la construction. Les sous-produits d'usinage peuvent quant à eux remplacer le bois de chauffe et réduire la pression sur les forêts naturelles.

Ce guide, fondé sur une longue expérience du Gret au Vietnam, décrit une douzaine de processus de transformation du bambou et présente des études de cas d'ateliers spécialisés. Il s'adresse à tous ceux souhaitant valoriser le bambou et connaître les caractéristiques technico-économiques des produits qui en sont issus.


ISBN : 978-2-86844-308-3

Cet ouvrage a reçu l'appui financier de l'Agence française de développement.



Diffusion : Gret, Campus du Jardin tropical
45 bis Avenue de la Belle Gabrielle,
94736 Nogent-sur-Marne Cedex, France
Tél. : 33 (0)1 70 91 92 00
Site web : www.gret.org